Die Tektonik des Elsgaues (Berner Tafeljura).

Mit einer Karte.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt
der mathematisch-naturwissenschaftlichen
Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität
zu Freiburg i. Br.

von

Karl L. Hummel
aus Karlsruhe in Baden.

G. Pätz'sche Buchdruckerei Lippert & Co. G. m. b. H.
Naumburg a. d. S.
1914.

Die Tektonik des Elsgaues (Berner Tafeljura).

Mit einer Karte.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt
der mathematisch-naturwissenschaftlichen
Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität
zu Freiburg i. Br.

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

von

Karl L. Hummel
aus Karlsruhe in Baden.

G. Pätz'sche Buchdruckerei Lippert & Co. G. m. b. H.
Naumburg a. d. S.
1914.

Dekan:
Prof. Dr. GATTERMANN.

Referent:
Prof. Dr. DEECKE.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Vorwort 1

Stratigraphischer Teil.

Malm 3
Terrain à chailles 3
Rauracien 4
Sequan 9
Kimmeridge 12
Portland 16
Tertiär 18
Eocän 18
Oligocän 19
Jungtertiär 26
Quartär 30

Tektonischer Teil.

Allgemeiner Überblick 31
Spezielle Tektonik 32
Die Linien radialer Gebirgsbewegung 32
Der Horst des nordwestlichen Elsgaues 32
Die randlichen Begrenzungslinien des Horstes 37
Das Senkungsfeld von Pruntrut 44
Die Faltungserscheinungen 50
Allgemeine Tektonik 62
Das Alter der tektonischen Bewegungen 62
Die mechanische Ursache der Gebirgsbewegungen 64
Die Beeinflussung der Faltenzüge durch die Schollentektonik . . 65
Morphologischer und hydrographischer Überblick 72
Geologische Geschichte des Elsgaues 75
Literaturverzeichnis 77

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545323_0069

Das Elsgau (Ajoie) ist der nordwestlichste Zipfel der Schweiz, der fast auf allen Seiten von deutschem und französischem Gebiete umschlossen, durch die hohen Ketten des Montterrible von der übrigen Schweiz abgetrennt ist, und geographisch wie geologisch mehr Beziehungen zu dem benachbarten französischen Gebiete hat als zum Berner Jura, zu dem dieses Gebiet der politischen Einteilung nach gerechnet wird. Der bedeutendste Ort des Elsgaues ist Pruntrut (Porrentruy).

Von jeher hat das Elsgau eine bedeutende Rolle in der Geologie des Schweizer Jura gespielt. Pruntrut ist die Heimatstadt Thurmanns, eines der ältesten und bedeutendsten Jurageologen. In neuerer Zeit haben hauptsächlich Koby und Rollier das Elsgau in ihren geologischen Arbeiten berücksichtigt. Jedoch waren es zumeist nur stratigraphische Studien, mit denen sich die Geologen im Elsgau beschäftigten. Das Interresse für tektonische Fragen wurde vollkommen von den viel gewaltigeren Erscheinungen des Kettenjura in Anspruch genommen. So kam es, daß die stratigraphischen Verhältnisse des Elsgaues schon lange geklärt waren, während über die Einzelheiten des tektonischen Aufbaues so gut wie gar nichts bekannt war. Trotzdem wurde das Elsgau häufig in allgemein-tektonischen Arbeiten als der westliche Tafeljura mit dem östlichen, Basler- und Aargauer Tafeljura in Parallele gesetzt.

Da nun die tektonischen Spezialuntersuchungen im östlichen Tafeljura zu sehr interessanten Ergebnissen geführt hatten, so lag es nahe, auch im Elsgau ähnliche Verhältnisse zu vermuten und zu untersuchen, inwiefern eine Vergleichung des Elsgauer Tafeljura mit dem östlichen Tafeljura berechtigt sei. Ich habe es daher unternommen, im Herbste des Jahres 1912 und während der Frühlings- und Sommermonate des Jahres 1913 das Hügelland des Elsgaues im Maßstabe 1 : 25 000 zu kartieren. Die tektonischen Ergebnisse dieser Kartierung, sowie einige kleinere stratigraphische Notizen, die sich nebenbei ergaben, habe ich in dieser Arbeit niedergelegt.

Als topographische Unterlage benutzte ich die Karten des topographischen Atlas der Schweiz (Siegfriedatlas) im Maßstabe 1 : 25 000. Alle Ortsangaben und Höhenzahlen, die ich zitiere, beziehen sich auf diese Karten. Meine Aufnahmen umfassen das gesamte schweizerische Elsgau bis an den Rand des Kettenjura, abgesehen von der Ecke südwestlich des Ortes Grandfontaine. Diese Ecke, ebenso wie den Nordrand der Montterrible-Kette, habe ich nur kursorsich begangen. Aufgenommen wurden also die Blätter Bure, Fahy, Courtemaîche, Porrentruy, Beurnevésin, Bonfol und Miécourt, die drei letzten Blätter allerdings nur teilweise. Eine Ausdehnung der Kartierung auf das französische Gebiet wäre stellenweise von nicht geringem Interesse gewesen. Doch mußte ich dies aus Mangel an einer brauchbaren Kartenunterlage, sowie auch aus politischen Gründen unterlassen.

Wegen der großen Ausdehnung des Gebietes verzichte ich auf die Veröffentlichung einer Karte im Maßstabe 1 : 25 000, besonders da eine derartige Karte die tektonischen Verhältnisse, auf die es mir vor allem ankommt, nicht besser erkennen ließe, als die beigegebene Lagerungsskizze im Maßstabe 1 : 100 000.

Die weitere Bearbeitung des im Gelände gesammelten Tatsachenmaterials erfolgte im Geologischen Institute der Universität Freiburg i. Br. Meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor W. DEECKE, möchte ich an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aussprechen für die vielfache Anregung und Unterstützung, die er mir sowohl draußen im Felde, als auch bei der schriftlichen Ausarbeitung der Resultate in der liebenswürdigsten Weise zuteil werden ließ.

Stratigraphie.

Die stratigraphischen Verhältnisse des Elsgaues sind bereits sehr ausführlich bearbeitet worden, ich erinnere nur an die Arbeiten von Thurmann, Etallon, Greppin, de Loriol, Koby, Rollier u. a. Ich habe mich daher mit stratigraphischen Fragen nur insoweit beschäftigt, als mein Hauptziel, die Untersuchung der tektonischen Verhältnisse, dies nötig machte. Wenn ich trotzdem einige stratigraphische Notizen einfüge, so geschieht dies allein, um das Verständnis des nachfolgenden tektonischen Teiles zu erleichtern. Nur bezüglich des Tertiärs kann ich einige Beobachtungen anführen, die von der bisherigen Betrachtungsweise etwas abweichen. In bezug auf Einzelheiten der Jura-Stratigraphie jedoch, Fossillisten, Parallelisierung mit entfernteren Gebieten u. s. w. muß ich durchaus auf die Arbeiten der oben angeführten Autoren verweisen.

Die Reihe der im Elsgau zutage tretenden Formationen ist nicht sehr groß. Wenn man vom südlich anschließenden Kettenjura absieht, so findet sich nur Malm, darüber die unvollkommenen Reste einer Tertiärdecke und ganz geringe Spuren von diluvialen Bildungen.

Malm.

Terrain à chailles.

Die älteste Schichtstufe, die im Elsgau außerhalb der Montterrible-Kette zutage tritt, gehört dem Oxford an und zwar den oberen Teilen dieser Etage, dem sogenannten Terrain à chailles. Über die spezielle Entwicklung, sowie über die Mächtigkeit, die diese Stufe im Elsgau besitzt, läßt sich wenig sagen. Denn anstehend ist das Oxford nirgends zu finden. Der einzige Punkt, wo sich ein Ausstreichen über Tage mit Sicherheit feststellen läßt, ist am Grunde der Schlucht „La grande Valle“, die sich von Buix aus nach SSW zieht. Die Wände dieser Schlucht werden von Rauracien gebildet, dessen Schutt auch den ganzen Talboden bedeckt. Doch findet man bei den letzten Häusern von Buix, etwa auf Höhe 400 m, und weiterhin, da die Schichten nach Süden hin ansteigen, das Tal aufwärts bis etwa zu Höhe 450 m, zwischen den Rauracien-Blöcken ziemlich häufig harte Knollen von grau-schwarzem Kalk, der sich deutlich vom rötlichen Korallenkalk des Rauracien unterscheidet. Auch läßt die Bodenbeschaffenheit mergeligen Untergrund erkennen. Bei Höhenzahl 399 fand ich auch ein schlecht erhaltenes Bruchstück

eines Ammoniten, vermutlich ein *Peltoceras*. Dies ist die einzige Stelle im ganzen Elsgau, wo ich einen Ammoniten zu sehen bekam. In allen höheren Stufen des Malm, trotz ihrer mannigfaltigen faziellen Entwicklung, fehlen die Ammoniten vollkommen oder sind jedenfalls äußerst selten.

Eine zweite Stelle, an der vielleicht innerhalb des Elsgauer Tafeljura das Terrain à chailles die Oberfläche erreicht, befindet sich im Allaine-Tal zwischen Pruntrut und Courchavon, im Kerne des Fahy-Gewölbes. Die Rauracien-Steilwände werden nach unten plötzlich von einer viel weicheren, flacheren Böschung abgelöst, die auf mergeligen Untergrund schließen läßt. Jedoch konnte ich an dieser Stelle zwischen dem Rauracien-Schutt nirgends einen der charakteristischen, dunklen Kalkknollen des Terrain à chailles finden. Wie ROLLIER (Lit. 63) angibt, wurde in dem Eisenbahntunnel, der das Gewölbe durchbohrt, das Oxford angefahren. Jedoch handelt es sich jedenfalls nur um eine unbedeutende Aufpressung im Gewölbekern; denn die in den Felswänden anstehenden Schichten des Rauracien zeigen noch nicht den Charakter der tiefsten Teile dieser Stufe.

Besser läßt sich das Terrain à chailles in der Montterrible-Kette studieren, die das Elsgau nach Süden hin abschließt. Es bildet dort eine je nach der tektonischen Verdrückung und Ausquetschung mehr oder weniger gut ausgebildete Combe hinter dem Rauracien-Grat und ist meist recht fossilreich. Erwähnen möchte ich besonders einen vorzüglichen Aufschluß etwa 1 km südöstlich Cornol, an dem neuen Wege, der sich von der Höhenzahl 629 nach Norden hinzieht. Man sieht hier das Oxford, graue Mergel mit Mergelkalk- und Kalkknauerlagen, etwa 50° N fallend, in einer Mächtigkeit von mindestens 50 m aufgeschlossen und kann auch deutlich den allmählichen Übergang in die Korallenbildungen des unteren Rauracien beobachten.

Rauracien.

Das Rauracien wird von mächtigen, klotzigen oder schlecht gebankten Kalken gebildet, die nur in den untersten Teilen von einigen mergeligen Lagen durchsetzt werden. Man kann zwei petrographisch mehr oder weniger deutlich verschiedene Stufen unterscheiden. Jedoch sind die Grenzen nirgends scharf, und daß bei solchen riffartigen Bildungen lokale Faziswechsel nicht selten sind, kann auch nicht Wunder nehmen.

Der Übergang von den Mergeln und Mergelkalken des Terrain à chailles zu den Korallenkalken des Rauracien vollzieht sich allmählich. Im untersten Rauracien (Terrain à chailles siliceux, Glypticien, Florigemma-Schichten) wechsellagern graue Mergel und Mergelkalke mit harten, korallogenen, grauen oder rötlichen Kalken. Diese Bänke sind recht fossilreich, es finden sich Reste von Seeigeln (*Cidaris florigemma*) und vor allem in den kalkigen Partien sehr häufig etwas verkieselte Korallen, besonders die flachen Blätter von *Dimorpharea Koechlini*. In der Montterrible-Kette, bei Cornol, erscheinen im untersten Rauracien einige Bänke, die fast nur aus Echinodermenbreccie bestehen und neben Seeigelstacheln große Stielglieder von *Apiocrinus* erkennen lassen. Die mergeligen Lagen werden nach oben hin immer spärlicher und dürften etwa 10—15 m oberhalb der Oxfordgrenze ganz verschwunden sein. Es folgen klotzige, gelbliche oder graue, fleckige Kalke, welche mehr oder weniger häufig Korallen, öfters *Cidaris*-Stacheln, selten andere Fossilien führen. Die Fossilien sind teilweise schwach verkieselt, die Korallen aber häufig in der Form von rötlichem, zuckerkörnigem Kalk erhalten. Diese korallenreichen Kalke gehen nach oben hin durch Verschwinden der Korallen allmählich in die dichten Kalke der oberen Stufe des Rauracien über.

Die untersten, mergelführenden Teile des Rauracien findet man im Allaine-Tal bei Buix und in der Schlucht „La grande Valle“ mehrfach anstehend. Die höheren, mergelfreien Korallenkalke bilden zahlreiche Felsklippen im Allaine-Tal, von Pont d'Able bis zu den nördlichsten Häusern von Buix. Sie finden sich außerdem an den Steilrändern der Schluchten westlich von Buix, und treten drittens im Tal der Vendeline, nördlich von Beurnevésin, dicht bei der französischen Grenze nochmals zutage. Im Süden des Elsgaues trifft man natürlich gute Aufschlüsse dieser Schichten an verschiedenen Stellen der Montterrible-Kette.

Die Mächtigkeit dieser unteren, korallenreichen Stufe des Rauracien schätze ich im nördlichen Elsgau auf etwa 40 m. Genaue Zahlen lassen sich nicht angeben, da die obere Grenze durchaus unscharf und die untere nur an wenigen Punkten aufgeschlossen ist. Nach Süden zu scheint die Mächtigkeit abzunehmen, schon im Fahy-Gewölbe südlich von Courchavon sind Anzeichen dafür vorhanden. In der Montterrible-Kette, am oberen Ende der Combe des Noz bei Villars-sur-Fontenais, konnte ich nur noch etwa 20 bis 25 m korallenführende Schichten messen.

Die obere Hälfte des Rauracien wird zumeist von schlecht gebankten, hellen, gelblichen bis bräunlichen, harten, muschlig brechenden Kalken gebildet. Durch die Verwitterung zerfallen sie zu scharfkantigen Bruchstücken, zum Teil zeigen sie eine senkrechtstenglige Absonderung. Die Kalke scheinen ziemlich reich an Bitumen zu sein, sie stinken beim Anschlagen. Fossilien sind in dieser Stufe meist recht selten. Nur an einigen Punkten, z. B. westlich von Courchavon in dem Tale, das nach Mormont hinaufzieht, finden sich nesterweise größere Mengen von großen Terebrateln (*Terebratula insignis* und *T. Bauhini*). In der Gegend von Courchavon kommen in diesen Schichten öfters faust- bis kopfgroße, hell- und dunkelgrau gebänderte Chalcedonknollen vor.

Diese Entwicklung des oberen Rauracien dürfte wohl dem entsprechen, was man anderwärts als Calcaire à Nérinées bezeichnet. Oolithische Schichten, entsprechend dem Blauen-Oolith, fehlen im mittleren Rauracien des Elsgaues zumeist. In den Teilen des Kettenjura jedoch, die sich im Osten und Südosten an das Hügelland des Elsgaues anschließen, in der Montterrible-Kette von Courgenay an nach Osten, auf der Höhe von Morimont nördlich Charmoille etc., ist das mittlere Rauracien als ganz grober Oolith (Oolithe pisiforme) entwickelt. Die bis erbsengroßen Oolithkörner zeigen konzentrisch-schalige Struktur und scheinen sich meist um irgend ein kleines Schalenbruchstück als Mittelpunkt gebildet zu haben. Wahrscheinlich erstreckt sich diese Facies noch ein Stück weit ins Elsgau hinein, bis etwa in die Gegend von Alle und Vendelincourt, jedoch ist das Rauracien dort überall durch jüngere Schichten bedeckt, weshalb sich die Übergänge zwischen den beiden Fazies nirgends beobachten lassen. Dieselbe oolithische Facies findet sich wieder am Westende des von mir begangenen Gebietes, in den Steinbrüchen zwischen Réclère und Grandfontaine. Der harte Oolith liefert einen geschätzten Werkstein. Er enthält recht häufig *Cidaris*-Stacheln, Korallen und Nerineen.

Ein etwas geringerer Faziesunterschied macht sich in der Gegend von Buix und le Mairâ bemerkbar, wo das obere Rauracien, stellenweise wenigstens, deutlicher als anderwärts seine korallogene Natur zu erkennen gibt. Selten werden die Korallen so zahlreich wie im unteren Rauracien und immer wieder finden sich Einschaltungen von ganz korallenfreien Partien. Aber man findet hier immerhin durch die ganze Mächtigkeit des Rauracien zerstreut mehr oder weniger gut erhaltene Korallen oder wenigstens linsenförmige

Partien von rötlichem, zuckerkörnigem Kalk, der nur von Korallen herrühren kann.

Auffallend ist es, daß gerade in dieser Gegend die allerobersten Schichten des Rauracien in einer ganz typischen Fazies entwickelt sind, von der sich in anderen Teilen des Elsgaues nur geringe Andeutungen auffinden lassen. Es ist dies die Fazies des Dicératien, kreideweiße, weiche, sandig zerbröckelnde, teilweise sehr fein oolithische, meist schlecht gebankte Kalke, welche die obersten 10 m des Rauracien einnehmen. Fossilien treten nicht überall auf, sind aber meist als Nester in größerer Menge beisammen. Die Erhaltung ist nicht besonders gut. Am häufigsten finden sich *Diceras arietina* und *Cardium corallinum*, also riffbewohnende Formen. An folgenden Punkten konnte ich das Vorkommen von *Diceras* feststellen:

1. In einem Steinbruche etwa 1,5 km nördlich von Bure.
2. An dem Wege, der von Buix direkt südlich auf die Höhe von le Soleris führt, in einer kleinen Sandgrube auf Höhe 490 m.
3. In dem großen Steinbruche im Süden von Boncourt, beim Schießstande dieses Ortes.
4. An dem Wege, der von Boncourt nach Südwesten in die Combe du Canton des Prés führt, etwa auf Höhenlinie 420 m.

Gesteine vom petrographischen Charakter des Dicératien kommen außerdem noch an verschiedenen Punkten vor, z. B. zwischen Buix und Bure, nördlich des Hofes Vasloin bei Höhenzahl 520 m, ferner zwischen Buix und Boncourt, bei Höhenzahl 419 m im Süden des Bois de la Côte, und weiter im Osten, östlich von Montignez, in einer kleinen Steingrube auf Höhenlinie 430 m, etwa 200 m südwestlich vom Grenzstein Nr. 191. Auch im nördlichen Teile der Höhe Bas des Voirannes westlich von Lugnez finden sich in den Äckern recht zahlreiche Brocken von weißem, feinoolithischem Kalk, und nach den Angaben von Koby (Lit. 43) und Parisot (Lit. 55) ist diese Fazies auch jenseits der französischen Grenze nach Westen und Norden hin verbreitet, während sie nach Süden hin auszukeilen scheint. An der Straße zwischen Courchavon und Mormont beobachtet man, allerdings nur in losen Brocken zwischen verrutschten Sequanmergeln, etwa auf Höhe 470 m rein weißen, feinkörnigen Oolith. In der kleinen Felswand an der Straße 400 m östlich von Pont d'Able schließt das Rauracien nach oben hin mit einer einzigen, nur 1 m mächtigen Bank von derartigem Oolith ab. Darüber liegen graue Kalke und Mergelkalke, die ich zum unteren Sequan rechne. Unterlagert werden diese Oolithe von hellen, klingenden Kalken

mit senkrecht-stengliger Absonderung, welche an anderen Punkten in der Nähe von Pont d'Able die direkte Unterlage des Sequans zu bilden scheinen.

Überhaupt scheint die Dicératien-Fazies nirgends einen vollkommen durchgehenden Horizont zu bilden, sondern sie wechsellagert wahrscheinlich mit gut entwickelten Korallenriffbildungen. Man darf vielleicht annehmen, daß diese weichen oder oolithischen weißen Kalke sich zwischen den atollartigen Korallenriffen in Lagunen gebildet haben. Anstehend fand ich diesen Korallenkalk nur an einer einzigen Stelle, etwa 500 m südlich von le Mairâ bei der Höhenzahl 539 m. Der hier anstehende Fels zeigt ähnlichen Charakter wie die Korallenkalke des unteren Rauracien, ist aber durchsetzt mit Partien von grobkörnigem, bräunlichem Oolith. Doch liegen an mehreren Stellen zwischen le Mairâ und Bure, sowie westlich von le Mairâ, längs der Grenze zwischen Grenzstein Nr. 281 und Nr. 287, zahlreiche, zum Teil sehr große Korallenstöcke lose herum, alle ungefähr im gleichen stratigraphischen Niveau wie in der Nähe das Dicératien. Meist sind die buschartigen Stöcke einzeln als Ganzes erhalten, nicht verkieselt, sondern nur verkalkt, und die feinere Struktur der Kelche ist fast immer zerstört. Die Mannigfaltigkeit der Arten ist ziemlich groß (*Stylina*, *Rhabdophyllia*, *Thecosmilia*, *Latimaeandra*, *Thamnastrea* etc.). In anderen Teilen des Elsgaues konnte ich derartige Korallenbildungen nicht wieder nachweisen. Eine ähnliche Entwicklung des obersten Rauracien findet sich vermutlich im Kettenjura in der Gegend von Charmoille und Lützel. Im Tale, das von Charmoille aus nach Nordosten gegen Ebourbette hinzieht, sah ich etwa auf Höhe 580—600 m anstehenden Korallenkalk mit großen, buschartigen Korallenstöcken, sowie im Gehängeschutt neben hellem, korallogenem Kalk (manchmal mit Crinoidenresten) auch weißen, kreidigen Kalk. Wahrscheinlich gehören diese Bildungen ebenfalls dem oberen Rauracien an. Doch bin ich über die Tektonik dieses Gebietes nicht genügend orientiert, um den Horizont mit Sicherheit feststellen zu können.

In der Montterrible-Kette finden sich im oberen Rauracien auch stellenweise weiße, kreidige Kalke, jedoch ohne Korallenstöcke.

Über die Mächtigkeit des oberen Rauracien lassen sich nur ungenaue Angaben machen, da sowohl die obere als auch die untere Grenze nur selten genau festgelegt werden kann, außerdem ziemlich bedeutende Mächtigkeitsschwankungen vorzukommen scheinen. Im nordwestlichen Elsgau, dem Hauptverbreitungsgebiete

dieser Stufe, schätze ich die Mächtigkeit auf etwa 50 m, einschließlich des etwa 10—12 m mächtigen Dicératien. Nach Süden zu nimmt die Dicke anscheinend ab, sie mag in der Montterrible-Kette etwa 25—30 m betragen.

Die Gesamtmächtigkeit des Rauracien mißt also im nördlichen Elsgau 80—90 m und nimmt nach Süden zu bis auf etwa 50 m ab. Nach Norden und Westen scheint die Mächtigkeit des Rauracien nach den Literaturangaben übrigens ebenfalls geringer zu werden (nach Parisot (Lit. 55) bei Belfort etwa 60—70 m, nach Contéjean (Lit. 15) bei Montbéliard nur noch etwa 40—50 m). Nach Osten hin dagegen schwillt das Rauracien noch mehr an, denn van Werveke (Lit. 84) gibt für den Elsässer Jura etwa 100 m an.

Sequan.

Das Sequan bedeckt große Gebiete im mittleren, westlichen und nordwestlichen Elsgau. Im südlichen und nordöstlichen Elsgau bildet es stellenweise den Kern von kleinen Antiklinalen. Außerdem ist es natürlich an zahlreichen Stellen des eigentlichen Kettenjura angeschnitten.

Ein großer Teil des Sequans besteht aus mergeligen Schichten. Das Vorhandensein dieser Mergel läßt sich meist unschwer im Gelände feststellen. Trotzdem kann man im Sequangebiet tektonische Einzelheiten nur sehr schwer erkennen. Die Grenzen der einzelnen Abteilungen sind fast nirgends genau festzustellen, da ohnehin die Schichten in ihrer petrographischen Beschaffenheit immer langsam ineinander übergehen und außerdem die Mergel sehr oft, auch an recht flachen Gehängen, weithin verrutscht sind. Besondere Leithorizonte, Mumienbänke oder ähnliches, wie sie anderwärts vorkommen, konnte ich nicht auffinden. Da die mergeligen Schichten fast nirgends in Steinbrüchen erschlossen sind und Wegeinschnitte usw. sehr bald wieder verrutschen und verwachsen, konnte ich das Sequanprofil nur in sehr groben Umrissen aufnehmen, gerade ausreichend, um mit einiger Genauigkeit die tektonischen Verhältnisse studieren zu können. Ein Beobachter, dem ein längerer Zeitraum und dadurch eine größere Anzahl von künstlichen Aufschlüssen zur Verfügung steht, wird wohl manches an meinen Angaben korrigieren können.

Nach dem petrographischen Habitus unterscheide ich im Sequan 4 Stufen, die jedoch alle mehr oder weniger ineinander übergehen. Es sind dies, von oben nach unten:

4. Die oberen kalkigen Schichten (Verenaschichten), ca. 25 m.
3. Die Humeralis-Zone (Kalke, Mergelkalke und Mergel), ca. 25 m.
2. Mergel mit Lumachelle und Oolith (Naticamergel, Zone astartienne), 25—30 m.
1. Die unteren kalkigen Schichten, 12—15 m.

Die Mächtigkeiten kann ich aus den oben angeführten Gründen nur innerhalb einer ziemlich großen Fehlergrenze richtig angeben. Ich fand im allgemeinen, daß die Grenze zwischen der Humeraliszone und den Naticamergeln ungefähr in der Mitte des Sequans liegt und von dessen Ober- und Untergrenze je etwa 40—50 m entfernt ist, so daß die Gesamtmächtigkeit des Sequans etwa 80 bis 100 m beträgt.

Wo die Oberkante des Rauracien nicht durch die Einschaltung der Dicératien-Oolithe gegeben ist, nahm ich sie da an, wo die klotzigen Rauracienkalke in besser gebankte Schichten übergehen. Diese untersten Lagen des Sequans, das Hypoastartien von THURMANN und ETALLON (Lit. 82), die Calcaires à Natices von CONTÉJEAN (Lit. 15) usw., bestehen aus harten, regelmäßig gebankten Kalken, die zumeist hellgrau und dicht, öfters aber auch rötlichbraun und mehr oder weniger spätig sind. Eingeschaltet finden sich manchmal dünne Mergelkalk- und Mergellagen. Fossilien sind selten. Ich fand einige schlecht erhaltene Nerineen, Lucinen und Ostreen. Manchmal werden diese Schichten in Steinbrüchen ausgebeutet, so z. B. beim Bahnhofe von Boncourt und im Tale der Vendeline, etwa 0,5 km nördlich von Beurnevésin.

Petrographisch recht mannigfaltig ist die zweite Stufe des Sequans entwickelt. Die Grundmasse bildet immer ein ziemlich fetter, grauer oder gelber Mergel. Darin eingeschaltet finden sich harte Kalkbänkchen, meist nur wenige Zentimeter dick, an einigen Stellen kommen aber auch mächtigere Kalklagen vor. In den tieferen Lagen sind diese Kalke dicht, grau und fossilleer. Weiter nach oben hin tritt an ihre Stelle klingend harte, braune oder in ganz frischen Stücken auch graublaue Lumachelle, die anscheinend zum größten Teile aus den Schalen von *Astarte supracorallina* besteht. Seltener sind Platten, an deren Oberfläche die kleinen Astarten herausgewittert und gut kenntlich sind. Daneben finden sich sehr verschiedenartige Oolithe: braune, graue oder ganz helle, mit groben und feinen Oolithkörnern, oder harte und weiche Gesteine mit spätig glänzendem oder mattem Bruch kommen vor. Gegen

die obere Grenze dieser Stufe hin treten ferner Crinoiden (*Apiocrinus*), sowie kleine Austern häufig lumachellebildend auf. Auffallend ist die stark breccienhafte Struktur dieser Lumachelle, die öfters eckige Bruchstücke von dichtem, grauem Kalk umschließt. Man darf also wohl annehmen, daß diese Schichten in einem sehr flachen Meere, zum mindesten unter der Einwirkung von stark bewegtem Wasser gebildet wurden. Damit in Übereinstimmung steht die Tatsache, daß sich in dieser Zone an einigen Stellen, z. B. auf dem Dos Chalembert nördlich von Bressaucourt und, nach den Angaben von Koby (Lit. 43), auch im Eisenbahneinschnitt zwischen Pruntrut und Pont d'Able zahlreiche Korallenstöcke und Klötze von weißem, zuckerkörnigem, korallogenem Kalk finden.

Diese Mergelzone, die Zone astartienne Thurmann's, entspricht dem, was man anderwärts als Naticamergel bezeichnet. *Natica* oder andere Gastropoden habe ich im Elsgau nirgends in diesen Schichten gefunden.

Die fetten Mergel der Zone astartienne sind wasserundurchlässig, während die darüber liegenden, nur wenig mergeligen Humeralisschichten das Wasser noch durchlassen. Deshalb ist die Grenze zwischen diesen beiden Stufen ein guter Quellhorizont, ja, die Quellen treten auf dieser Linie so regelmäßig und so häufig auf, daß man geradezu nach der Lage der Quellen die Lage der Schichtgrenze bestimmen kann.

Die Humeraliszone besteht in der Hauptsache aus grauen, dichten, gutgebankten Kalken und Mergelkalken. Nur in den tieferen Teilen finden sich häufiger Einschaltungen von Mergellagen. Dort kommen auch öfters noch oolithische Partien und lumachelleartige Bildungen vor. In der ganzen Zone verbreitet, besonders häufig in den tieferen Lagen, ist *Zeilleria humeralis*. Recht oft kommen außerdem *Exogyra bruntrutana* sowie Reste von *Apiocrinus* und *Trichites*, seltener einige Zweischaler (*Mytilus*, *Lucina* etc.) vor. An der oberen Grenze dieser Zone fand ich an mehreren Stellen im mittleren Elsgau dünnplattige, helle Kalke, reich besonders an *Mytilus perplicatus*, und auch sonst ziemlich viele Fossilien (kleine Astarten, *Trigonia concinna*, *Ceromya excentrica*, *Lucina*, *Ostrea*, *Nerinea* etc.) führend.

Nach Osten hin, in der Gegend von Charmoille, macht sich ein gewisser Faziswechsel in der Humeraliszone bemerkbar, indem die Mergel mehr und mehr vorzuherrschen beginnen. Wie mir Herr Grahmann mitteilt, werden in der Gegend von Lützel die

Naticamergel von den Humeralismergeln durch eine mehrere Meter mächtige Bank von grobem, gelblichem bis rötlichem Oolith getrennt. Bruchstücke von ähnlichem Oolith fand ich, ungefähr in derselben stratigraphischen Lage, nördlich von Montignez, bei der Ferme du Fahy, wo jedoch die starke Tertiärbedeckung weitere stratigraphische Feststellungen unmöglich macht.

Die oberste Zone des Sequans wird gebildet von einem mächtigen Komplex gut gebankter, dichter Kalke mit einigen Mergelkalklagen. Die vorherrschende Farbe ist grau mit braunen Flecken oder auch bräunlich. In der unteren Hälfte finden sich an einigen Stellen feinkörnige, kreideweiße Oolithe, ähnlich dem Gestein des Dicératien. Dieser Oolith führt undeutliche Fossilreste, Exogyren und Terebrateln. Im übrigen aber ist diese Zone so gut wie fossilleer, nur braune, unregelmäßig wulstige Bildungen, THURMANN nennt sie Fucoiden, erscheinen häufig auf den Klüften und Schichtflächen der grauen Kalke.

An zahlreichen Punkten wird dieses Gestein in Brüchen ausgebeutet. Diese Schichten dürften wohl in ihrer Gesamtheit dem sog. Verena-Oolith entsprechen. Die oolithischen Bildungen sind aber wie gesagt im Elsgau auf wenige Bänke beschränkt.

Den Abschluß des Sequans gegen das Kimmeridge bildet eine 3—4 m mächtige, einheitliche weiße Kalkbank, die an zahlreichen Stellen, besonders auch in Steinbrüchen anstehend zu finden ist. Der Kalk zerfällt leicht zu eckigen Brocken und enthält zahlreiche schlecht erhaltene Fossilien, besonders Nerineen und Exogyren, stellenweise einige Reste von Korallen und Echinodermen. Sehr schön ist diese Bank z. B. am Nordausgange von Pruntrut an der Straße nach Belfort, hinter dem letzten Hause auf der linken Straßenseite zu sehen. Es ist mehr oder weniger willkürlich, gerade diese Bank zur Grenze zu nehmen; denn die zunächst darüber liegenden Kalke sind von den darunter liegenden nicht wesentlich verschieden. Jedoch folge ich darin dem Beispiele THURMANN's, und für die Kartierung hat sich diese Einteilung als praktisch erwiesen, da die Grenzbank weit verbreitet und, in guten Aufschlüssen wenigstens, leicht zu erkennen ist.

Kimmeridge.

Das Kimmeridge bedeckt den größten Teil der Oberfläche des südlichen und östlichen Elsgaues. In den tektonisch höher ge-

legenen nordwestlichen Teilen des Elsgaues ist es vollkommen abgetragen.

Die Kalke dieser Stufe werden durch die Pterocerasmergel in eine untere und eine obere Abteilung zerlegt. Auch der Gesteinscharakter des unteren und oberen Kimmeridge ist ziemlich verschieden, so daß im Kimmeridge-Gebiet eine Orientierung über die tektonischen Verhältnisse meist mit ziemlicher Genauigkeit möglich ist. Die Kimmeridgekalke werden fast in ihrer ganzen Mächtigkeit in Steinbrüchen ausgebeutet, wodurch die Aufstellung eines stratigraphischen Profils sehr erleichtert wird.

Die untersten Schichten des Kimmeridge sind wenig verschieden von den obersten Sequankalken. Es sind gut gebankte, feste, graue Kalke, die häufig von braunen, etwas oolithischen Adern durchzogen werden. Hin und wieder finden sich einige mergelige oder schwach brecciös-oolithische Bänkchen. Fossilien sind ziemlich selten, manchmal kommen einige Nerineen, *Trichites*, oder schlechte Steinkerne von Pholadomyen vor.

Etwa 7—10 m oberhalb der Grenzbank gegen das Sequan treten die ersten fossilreichen Schichten auf. Es sind dies braune, brecciös-oolithische, mehr oder weniger mergelige Bänke, deren Fauna sehr viel Ähnlichkeit mit der Fauna der Pteroceras-Mergel hat, so daß in schlechten Aufschlüssen eine Verwechslung dieser beiden Schichten nicht ganz ausgeschlossen ist. Jedoch scheint *Pteroceras Oceani* in diesen tieferen Schichten vollkommen zu fehlen oder zum mindesten selten zu sein. Dagegen sind die dicken Stacheln von *Pseudocidaris Thurmanni* etwas häufiger als in den Pteroceras-Mergeln selbst. Erwähnen möchte ich noch das Vorkommen knollenförmiger Stöcke von *Pseudochaetetes*, der bisher aus diesen Schichten noch nicht beschrieben ist. Dieses Fossil scheint nicht nur auf die Oolithbänke beschränkt zu sein, sondern im ganzen unteren Kimmeridge stellenweise vorzukommen.

Die brecciös-oolithische Struktur umfaßt bald einen größeren, bald einen geringer mächtigen Schichtkomplex. Meist sind nur etwa 2—3 m in der typischen Weise entwickelt, an einigen Stellen jedoch konnte ich bis zu 6 m mehr oder weniger fossilreiche Oolithe feststellen. Darüber folgen dann wieder graubraune bis braune Kalke, die wenig fossilreich sind, meist nur Reste von *Trichites* und wenige Steinkerne von *Pholadomya* erkennen lassen. Hin und wieder ist der Kalk etwas mergelig und oolithisch. In der Nähe der Pteroceras-Mergel finden sich einige Lagen von ganz

hellem Kalk, oder auch Bänke mit Nerineen, die im Habitus etwas an die Kalke des oberen Kimmeridge erinnern.

Die Mächtigkeit des unteren Kimmeridge, von der Grenzbank gegen das Sequan bis zur Unterkante der Pteroceras-Mergel, beträgt etwa 30 m.

Die Pteroceras-Mergel sind 7—8 m mächtig. Es sind graue, nicht besonders fette, äußerst fossilreiche Mergel, welche die allbekannte, sehr individuenreiche, aber verhältnismäßig artenarme Kimmeridge-Fauna enthalten. Im Elsgau, dicht bei Pruntrut, liegen die berühmten Fundpunkte „Route de Coeuve" und „Banné". Dies sind jedoch durchaus nicht die einzigen und lange nicht die besten Stellen, an denen man die Fossilien dieser Zone sammeln kann. Der Fossilgehalt ist nicht immer ganz der gleiche; an einem Punkte findet man etwas mehr Terebrateln, am anderen mehr Gastropoden oder Ostreen usw. Jedoch gelingt es bei einigem Suchen fast überall, die typischen Leitformen, besonders auch *Pteroceras Oceani* selbst aufzufinden.

Für die Kartenaufnahme sind die Pteroceras-Mergel ein äußerst wertvoller Horizont, mit dessen Hilfe man selbst recht kleine Störungen noch mit ziemlicher Genauigkeit feststellen kann. Solange die Felder noch unbestellt sind, kann man nach den lose herumliegenden Fossilien den Verlauf der Mergelzone auf weite Strecken hin ohne besondere Aufschlüsse gut festlegen. Da die darüber liegenden Nerineenkalke recht hart sind, so tritt der Mergelzug an vielen Stellen schon orographisch deutlich hervor: es bildet sich eine kleine Terrasse. Auf der Höhe von Hermont, östlich von Pruntrut, wo das Banné-Gewölbe periklinal endigt, kann man bei Höhenzahl 519 einen richtigen Zirkus im Kleinen beobachten, der durch die Pteroceras-Mergel und die darüber liegenden Kalke gebildet wird.

Die Pteroceras-Mergel sind kein so deutlicher Quellhorizont wie die Zone astartienne. Vermutlich sind die Mergel nicht fett oder nicht mächtig genug, um genügend abzudichten. Immerhin führen sie Wasser, so daß mehrere Wasserleitungen ihre Quellen in diesem Horizonte haben. In einigen Trockentälern konnte ich periodische Quelltöpfe in der Zone des Ausstreichens der Pteroceras-Mergel beobachten. Mit der Wasserführung der Mergel mag es zusammenhängen, daß in der Nähe des Ausstreichens dieser Schicht besonders häufig dolinenartige Bildungen, oft mehrere Meter tiefe trichterförmige Einsenkungen auftreten.

Der Raum zwischen den Pteroceras-Mergeln und den Virgula-Mergeln, etwa 40—45 m, wird hauptsächlich von hellen, gelblichen, harten Kalken ausgefüllt, die oft sehr reich an Nerineen sind. Die einzelnen Bänke werden bis zu 4 m mächtig. Bei Damphreux und Lugnez sowie bei Chevenez finden sich auch fossilführende, harte Kalke mit gut oolithischer Struktur, die dem unteren Teile des oberen Kimmeridge angehören. Etwa 16 m über den Pteroceras-Mergeln erscheint eine Bank von grauem, schiefrigem, fossilleerem Mergel von etwa $^1/_2$ m Mächtigkeit. Diese Bank ist sehr konstant, da ich sie an sehr weit auseinander liegenden Punkten des Elsgaues in durchaus gleichartiger Entwicklung angetroffen habe.

Einige von den Nerineenbänken sind stark von Löchern und Höhlungen durchsetzt, zu deren Bildung vermutlich die leicht herauswitternden Nerineenreste den Anlaß gaben. Ich möchte jedoch bezweifeln, daß diese Erscheinung an bestimmte Bänke geknüpft ist. Wahrscheinlich können die Auslaugungen in sehr verschiedenen Horizonten auftreten.

Etwa die obersten 10—12 m des Kimmeridge-Kalkes zeigen wieder einen etwas anderen Habitus. Die gelblichen bis fast weißen Kalke sind weniger hart, teilweise kreidig weich und zerfallen bei der Verwitterung zu rauhen Brocken. Manche Lagen sind deutlich brecciös-oolithisch, auch Einschaltungen von grünlichen, oolithischen Mergeln kommen vor. Die Fossilführung ist ziemlich reichlich. Im allgemeinen sind es die gewöhnlichen Kimmeridgeformen, die auftreten. Jedoch zeigt sich eine ziemlich starke Annäherung an die Fauna der darüber liegenden Virgula-Mergel. *Exogyra virgula* tritt in diesen Lagen noch nicht auf. Typisch ist die Häufigkeit von großen Gastropoden, besonders *Natica Eudora*. Nicht selten ist ein *Pteroceras*, der angeblich als *Pteroceras Abyssi* von der in den eigentlichen Pteroceras-Mergeln auftretenden Form unterschieden werden kann. *Pholadomya multicostata*, eine typische Form der Virgula-Mergel, die in den tieferen Lagen des Kimmeridge sehr selten ist, wird schon ziemlich häufig. In einer kleinen Steingrube auf Höhe 520 m am Waldrande nördlich Miécourt fand ich in diesen Schichten mehrere schlechte Steinkerne eines *Nautilus*, vermutlich *Nautilus Moreanus*. Es ist dies der einzige Punkt im Elsgau, wo ich in Schichten jünger als das Terrain à chailles Reste von Cephalopoden beobachtete.

Die korallenreichen Kalke, die in dem kleinen Steinbruche nordöstlich der Höhenzahl 472 an der Straße Alle-Vendlincourt

und noch an einigen anderen Punkten aufgeschlossen sind, gehören vermutlich ebenfalls diesen Schichten des obersten Kimmeridge an. Auch im westlichen Elsgau, bei Courtedoux und Chevenez, finden sich Aufschlüsse in diesen Kalken, die jedoch hier lange nicht so fossilreich sind wie weiter östlich, in der Gegend von Alle und Miécourt.

Vom rein stratigraphischen Standpunkte aus könnte man diese Schichten eher mit dem Virgulien zusammenfassen. Die Fauna zeigt Ähnlichkeiten, und das Gestein gleicht viel mehr den Kalken über den Virgula-Mergeln als den eigentlichen Kimmeridge-Kalken. Dies drückt sich auch darin aus, daß THURMANN diese Schichten als Hypovirgulien bezeichnete. Da aber keine scharfe Grenze nach unten hin besteht, habe ich es vorgezogen, dem Beispiele derjenigen Geologen zu folgen, welche das Kimmeridge erst mit dem Beginn der Virgula-Mergel selbst abschließen. Für die Kartenaufnahme ist diese Einteilung jedenfalls praktischer.

Portland.

Die untersten Schichten des Portland, die Virgula-Mergel, bilden einen ebenso guten Leithorizont wie die Pteroceras-Mergel. Sie sind etwa 5—6 m mächtig und setzen sich zusammen aus einer Wechsellagerung von gelbbraunen oder grauen fetten Mergeln mit hellen Kalken. Meist sind diese Kalk- und Mergellagen sehr fossilreich, führen vor allem in ungeheurer Menge *Exogyra virgula*, außerdem noch häufig *Terebratula subsella*, *Pholadomya multicostata* etc. Es kommen jedoch auch fast fossilleere Mergellagen vor. Über der eigentlichen Mergelzone lagern lumachelleartige, helle Kalke mit sehr viel *Exogyra virgula*.

Das Virgulien bildet meist in sehr dünner Schicht die Oberfläche der flach nach Süden einfallenden Plateaus nördlich des großen Talzuges Miécourt-Rocourt. Die erhalten gebliebene Mächtigkeit des Portland übersteigt hier nirgends 10—15 m. Wo das Epivirgulien aufgeschlossen ist, da zeigen sich meist gelbliche bis weiße, dichte oder kreidige Kalke, ziemlich ähnlich den Kalken des Hypovirgulien. Fossilien, besonders Brachiopoden (*Terebratula subsella*, *Rhynchonella inconstans*), sind recht häufig.

Größere Mächtigkeit erreicht das Portland nur an den Gehängen südlich und südwestlich von Chevenez. Ob allerdings das, was THURMANN und ETALLON (Lit. 82) unter dem Namen von Calcaire de Chevenez beschrieben haben, wirklich dem Port-

land angehört, möchte ich bezweifeln. Die Ortsbezeichnungen lassen sich etwas schwer kontrollieren, da die betreffenden Namen auf den jetzigen Karten nicht mehr verzeichnet sind. Aber Etallon spricht von Steinbrüchen im „Bois-des-vies“, in denen die Schichten in einer Mächtigkeit von 10 m aufgeschlossen sein sollen. Solche Steinbrüche finden sich südsüdwestlich von Chevenez in dem Walde, der auf der Karte die Bezeichnung „les grandes Vies“ trägt. Andere große Steinbrüche konnte ich in jener Gegend nicht finden. Die vorhandenen Steinbrüche aber liegen alle in den Nerineenkalken des oberen Kimmeridge. Allerdings, wenn man die tektonischen Verhältnisse nicht genau berücksichtigt, kann man leicht den Eindruck bekommen, als ob diese Schichten dem Epivirgulien angehörten. Denn unterhalb des nördlichen Waldrandes, etwa auf Höhe 545—550 m, sind an mehreren Stellen sehr deutlich die Virgula-Mergel angeschnitten. Jedoch beinahe damit vermischt und nach Süden daran anschließend finden sich auch die Pteroceras-Mergel, die durch eine ungefähr O-W streichende Verwerfung hochgehoben sind. Die Virgula-Mergel zeigen sich erst wieder 40 m höher, und in der zwischenliegenden Zone sind die Steinbrüche angelegt.

Aber etwas weiter im Südwesten von Chevenez, in der Erhebung von „Forêt Louvière“ könnte möglicherweise über den Virgula-Mergeln noch ein Schichtpaket von 40—50 m liegen, doch es fehlen hier gute Aufschlüsse. An einigen Punkten, nicht sehr hoch über den Virgula-Mergeln, fand ich gut gebankte, gelbliche, schwach brecciös-oolithische, fossilleere Kalke. Jedenfalls läßt sich durchaus nicht mit Sicherheit nachweisen, daß das Portland hier tatsächlich wesentlich mächtiger ist als an anderen Punkten des Elsgaues. Es ist gerade so gut möglich, daß ein großer Teil der Erhebung nur aus dem bei der Aufpressung des Doggergewölbes gebildeten Schutt besteht.

Direkt südlich von Chevenez konnte ich die Virgula-Mergel in größerer O-W-Erstreckung zweimal übereinander feststellen, auf etwa 590 m und 630 m. Ich vermute, daß diese Verdoppelung auf einer O-W streichenden Verwerfung beruht, da ich an zwei Stellen zwischen den beiden Mergellagen anstehende Kalke auffinden konnte, die eher dem oberen Kimmeridge als dem Epivirgulien anzugehören scheinen. Die Mächtigkeit des Portland würde dann auch an diesen Stellen 20 m nur wenig überschreiten. Nun können aber, nach den Angaben von Kilian (Lit. 38) und Contéjean (Lit. 15) im be-

nachbarten französischen Gebiete Mergel mit *Exogyra virgula* in zwei verschiedenen Horizonten, getrennt durch etwa 20—25 m Kalke, auftreten. So wäre es nicht ausgeschlossen, daß keine Verwerfung vorhanden ist, sondern daß die Virgula-Mergel auf Höhe 630 m einem stratigraphisch höheren Horizonte angehören. Der etwas große Abstand von 40 m zwischen den beiden Mergellagen ließe sich durch das erkennbare schwache N-fallen der Schichten erklären.

Tertiär.

Tertiäre Sedimente nehmen im Elsgau einen nicht unbeträchtlichen Teil der Oberfläche ein. Die ursprünglich zusammenhängende Sedimentdecke ist zwar nur noch an wenigen Stellen in größerer Ausdehnung erhalten geblieben. Meist finden sich kleinere, zufällig von der Erosion verschont gebliebene Fetzen.

Die Literatur über das Elsgauer Tertiär ist bereits recht reichlich, aber meist sind es zerstreute Notizen in den größeren Arbeiten von Kilian, Rollier u. a. Eine kurze, zusammenfassende Darstellung ist daher ganz angebracht.

Eocän.

Eocäne Bildungen sind im Elsgau sehr selten. Auf den Klüften des zerrütteten Kimmeridge- oder Portlandkalkes oder zwischen diesen Kalken und dem darüber liegenden Oligocänconglomerat kommt manchmal etwas Bohnerz und roter Bohnerzton vor. Richtige Bohnerztaschen von größeren Dimensionen habe ich nirgends gefunden.

An der Straße von Pruntrut nach Alle, am sog. „Roche-de-Mars", findet sich im Hypovirgulienkalk eine Tasche mit Huppererde. Wasserklare, milchige oder auch rötliche Quarzkörnchen bis zu etwa 1 mm Durchmesser bilden einen lockeren Sand oder sind durch reichliches Bindemittel von weißem, kristallinischem Kalkspat zu hartem Sandstein verbacken. Thiessing hat in dieser Tasche zahlreiche Zähne und Schuppen von jurassischen Fischen gefunden, die vermutlich als Verwitterungsrückstand zu betrachten sind, da das Calciumphosphat der Verwitterung besser widerstehen kann als der umgebende Kalkstein.

Umgelagertes Eocänmaterial ist in den jüngeren Tertiärschichten des Elsgaues häufig. Sowohl in den oligocänen Conglomeraten als auch in dem Lehm, der durch die Verwitterung

der Dinotherien-Schotter entstanden ist, finden sich nicht selten Bohnerzkörner. Am Oiselier-Hügel, an der Straße von Pruntrut nach Bressaucourt, treten eingeschaltet in das oligocäne Kalkconglomerat mehrere Lagen von roten und gelben Mergeln auf, die vermutlich aus aufgearbeitetem Bolus entstanden sind. Diese Mergel enthalten zahlreiche Bohnerzkörner, sowie kleine Quarzkörner der Huppererde. Auch das häufig vorkommende rote, tonige Bindemittel der oligocänen Conglomerate dürfte auf umgelagerten Bolus zurückzuführen sein.

Oligocän.

Weit verbreitet im Elsgau findet sich das mitteloligocäne Küstenconglomerat (Elsgauer Juranagelfluh, Gompholithe d'Ajoie). Es besteht aus Geröllen von meist hellem, dichtem Kalk, der zum größten Teile den Schichten des Kimmeridges und des oberen Sequans entstammen dürfte. Die Größe der Gerölle ist sehr wechselnd; an vielen Stellen, wo das Conglomerat auf dem Jurakalk aufruht, erscheinen Blöcke bis zu 1 cbm, die dann gewöhnlich nur geringe Abrollung zeigen. Dann kommen alle Zwischenstufen bis zu erbsengroßen und noch kleineren Geröllen vor, in manchen Partien große und kleine dicht beieinander. Typische Kreuzschichtung ist an mehreren Stellen zu beobachten. Das Bindemittel ist wechselnd, bald mergelig und tonig, bald hart und kalkig, manchmal fehlt es nahezu vollständig, an anderen Stellen sind nur vereinzelte Gerölle in einer kalkigen Grundmasse eingebettet. Häufig ist das Bindemittel rot gefärbt, vermutlich durch Beimengungen von aufgearbeitetem Bohnerzton, was auch die häufig im Conglomerat vorkommenden Bohnerzkörner und der überall vorhandene Quarzsand beweisen.

Die tiefsten Teile der Conglomerate könnten vielleicht teilweise fluviatilen Ursprungs sein. Die Hauptmasse der Conglomerate ist jedoch eine fluviomarine oder rein marine Bildung, die dem Mitteloligocän angehört, im Alter ungefähr dem Weinheimer Meeressande (Rupélien oder Stampien) entspricht. Dies ist bewiesen durch die fossilführenden Kalksandsteinlagen, die an verschiedenen Punkten (z. B. bei Bressaucourt, Courgenay und Coeuve) mit den Conglomeraten wechsellagern. Es sind die sog. Calcaires à Cérithes d'Ajoie, die am Nordausgange des Tunnels von St. Croix, südlich von Courgenay, auch ohne Einschaltung von Conglomeraten eine ziemliche Mächtigkeit

erreichen. Einer besonderen Altersstufe gegenüber den Conglomeraten scheinen sie nicht zu entsprechen. Schwach brecciöse, rötliche, harte Kalke und Kalksandsteine ohne Fossilien finden sich häufig als mehr oder weniger weit durchgehende Bänke oder linsenförmige Partien zwischen den Conglomeraten.

Die Gesamtmächtigkeit dieser Serie läßt sich nur schwer feststellen. Vermutlich sind die ursprünglichen Mächtigkeiten schon sehr wechselnd gewesen. Wenn man von den später zu besprechenden Conglomeraten im Norden, an der französischen Grenze, absieht, so dürfte im eigentlichen Elsgau das Oligocän selten mächtiger als 20—25 m werden.

Die Conglomerate lagern mit meist recht beträchtlicher Erosionsdiskordanz auf den Jurakalken auf. Jedoch hat das Tertiär, soweit überhaupt Schichtung erkennbar ist, meist nahezu dasselbe Streichen und Fallen wie die Unterlage. Die jurassischen Schichten müssen also zur Zeit des Mitteloligocäns noch ziemlich horizontal gelegen haben. Die Unterlage wird an den meisten Stellen von den Kalken des Kimmeridges oder vom Virgulien gebildet. Die Landschaft, über die das Oligocänmeer transgredierte, muß also durch Erosion bedingte Höhenunterschiede von mindestens 50—60 m aufgewiesen haben. Bei Mavaloz, zwischen Pruntrut und Bressaucourt, liegt das Conglomerat unmittelbar auf Obersequan. Hier könnte vielleicht eine schwache, in prä-mitteloligocäner Zeit gebildete und wieder abgetragene Antiklinale die Diskordanz bewirkt haben. Jedoch ließe sich diese Lagerung auch durch die Annahme eines etwas tieferen Erosionstales erklären. Die Täler, in denen sich die untersten Conglomerate ablagerten, müssen ziemlich steile Wände gehabt haben, weil man in verschiedenen Aufschlüssen mehrere Meter mächtiges Oligocän an fast senkrecht zur Schichtung abgeschnittenen Schichtköpfen des Jurakalkes angelagert sieht.

Neben der Erosionsdiskordanz läßt sich, wenn auch weniger deutlich, eine zweite Art von Diskordanz zwischen Jura und Tertiär nachweisen, die auf tektonischen Absenkungen beruht. Das Oligocän findet sich im Elsgau nämlich nur in den tektonisch tiefgelegenen, grabenartig abgesunkenen südlichen und östlichen Teilen, während im nordwestlichen Elsgau, das tektonisch einen schwach ausgebildeten Horst darstellt, keine Spur von Tertiär zu beobachten ist. Dies kann auf nachträglicher Abtragung beruhen. Jedoch möchte ich eher die Ansicht vertreten, daß dieser Horst älter als mittel-

oligocän ist, daß er mindestens während der Ablagerung des ältesten im Elsgau vorhandenen marinen Tertiärs als Insel oder Halbinsel aus dem oligocänen Meere herausragte. Daß die den Horst begrenzenden Störungen wirklich älter sind als das mitteloligocäne Conglomerat, läßt sich gegenwärtig nicht mehr mit Sicherheit nachweisen. Nach den Angaben von Thurmann und Gressly (Lit. 80) soll jedoch früher die Anlagerung des Tertiärs an eine ältere Verwerfung in der Nähe vom Coeuve deutlich sichtbar gewesen sein. Man kann jetzt nur noch beobachten, daß die Bestandteile des Conglomerats in der Nähe der Verwerfung sehr wenig abgerollt sind, also war die Küste, die das Material geliefert hat, jedenfalls nicht weit entfernt.

Für die Annahme, daß das nordwestliche Elsgau mindestens zur Zeit des unteren Mitteloligocäns nicht Sedimentations-, sondern Erosionszone war, scheint mir auch die Tatsache zu sprechen, daß die Gerölle des Oligocänconglomerats gerade aus denjenigen Schichten stammen, die im nordwestlichen Elsgau abgetragen sind. Und zwar muß diese Abtragung, wie wir später sehen werden, spätestens im oberen Miocän bis unteren Pliocän vollkommen beendigt gewesen sein. Es ist also leicht möglich, daß die jetzt fehlenden Kimmeridge- und Obersequanschichten des nordwestlichen Elsgaues einen großen Teil des Materials für das Oligocänconglomerat des östlichen und südlichen Elsgaues geliefert haben.

Die stärkste Diskordanz zwischen Jura und Oligocän findet sich zwischen Beurnevésin und Réchésy. Hier läßt sich auch mit ziemlicher Sicherheit nachweisen, daß diese Diskordanz durch eine ältere Verwerfung veranlaßt ist. Westlich von Beurnevésin nämlich transgrediert das Oligocänconglomerat sowohl über das Sequan als auch über das Rauracien. Auf der linken Seite der Vendeline ist die Transgressionsfläche allerdings nirgends aufgeschlossen. Man kann nur indirekt den Schluß ziehen, daß das Oligocän hier auf Rauracien auflagert. Auf der rechten Talseite jedoch, am Straßenrande, findet sich eine Stelle, wo man direkt beobachten kann, wie ein schlecht abgerolltes, grobes Kalkconglomerat auf zerrüttetem Korallenkalk des Rauracien ruht. Nördlich von einer Verwerfung aber, die etwa parallel zur Landesgrenze etwas südlich von dieser das Tal kreuzt, liegt das Oligocän wieder auf oberem Sequan, wie ebenfalls in einem Aufschlusse am Straßenrande zu sehen ist.

Nach den Angaben von Rollier (Lit. 62 u. 66) kann man eine

ähnliche Transgression von Oligocän auf Rauracien im Süden von Bressaucourt, im Walde der Côte de Sous-les-Laves beobachten. Auch ich bin durchaus der Ansicht, daß in der Montterrible-Linie alte tektonische Störungen vorhanden sind, und daß daher ein derartiges Übergreifen des Oligocäns auf ältere Schichten gerade in dieser Gegend leicht möglich wäre. Jedoch habe ich den Eindruck, daß ein derartiger Fall an der von Rollier angegebenen Stelle nicht vorliegt. Das Conglomerat tritt wohl dicht an die Rauracien- und Sequanfelsen heran, eine wirkliche Auflagerung ist jedoch nirgends zu erkennen. Auch die von Rollier gegebenen Profile zeigen das Oligocän nur neben, nicht auf dem Rauracien liegend. Dagegen erscheint es mir nicht schwierig, das Vorhandensein von Oligocän neben dem Rauracien hier durch jüngere tektonische Vorgänge zu erklären. Auf starke tektonische Bewegungen weist schon die intensive Verruschelung der Jurakalke hin. Wir befinden uns im Ausgehenden einer Überschiebungszone. Nach Osten hin ist ein vollständiger, nach Norden überkippter Gewölbe-Nordschenkel vorhanden. In der fraglichen Gegend jedoch ist der Malm dieses Nordschenkels schon sehr stark reduziert, und nur $1^1/_2$ km weiter im Westen ist Hauptrogenstein direkt auf Virgulien und Oligocänconglomerat überschoben. Noch näher, nur etwa 700 m westlich der vermeintlichen Transgressionsstelle, am Wege von Bressaucourt nach Pietschieson, findet man auf 670 m Höhe oligocänes Conglomerat deutlich in normaler Weise auf Virgulien-Mergeln auflagernd und dicht darüber, durch die Faltung angepreßt oder überschoben, stark gequälten, dichten Kalk, vermutlich Sequan. Die von Rollier erwähnten Conglomerate liegen etwa auf Höhe 620—630 m und sind wohl, tektonisch wie stratigraphisch, ähnlich gelagert wie das weiter westlich anstehende Oligocän. Sie liegen also nicht auf Rauracien, sondern vermutlich normal auf Virgulien oder Ober-Kimmeridge und sind nur durch die intensiven tektonischen Bewegungen in Kontakt mit den älteren Schichten gekommen.

Die bisher besprochene Serie von Conglomeraten und Kalksandsteinen dürfte zumeist dem unteren Rupélien entsprechen. An einigen Stellen hat ihre Bildung jedenfalls bis ins obere Mitteloligocän hineingereicht. Rollier (Lit. 66) hält sogar den oberen Teil der Conglomerate, die im Zementwerke am Oiselier südwestlich von Pruntrut anstehen, für Oberoligocän, für gleichaltrig mit dem Système de Bourogne von Kilian, das nach der älteren An-

sicht zum Aquitanien[1]) gehört. Dies ist möglich, jedoch keineswegs sicher bewiesen. Eine Kalkbank mit *Helix rugulosa* braucht nicht notwendig immer die Grenze zwischen Stampien und Aquitanien zu bezeichnen. Kalke vom Habitus einer lakustren Bildung sind wohl vorhanden, doch konnte ich sie nirgends als durchgehende Horizonte nachweisen. Die geringere Größe der Gerölle und die größere Gleichmäßigkeit des Conglomerats in den oberen Lagen beweist für sich allein gar nichts.

Dagegen finden sich an mehreren anderen Stellen im Elsgau tertiäre Schichten, die sich sowohl durch ihre petrographische Beschaffenheit als auch teilweise durch ihre Fossilführung als Bildungen des jüngeren Mitteloligocäns erkennen lassen. Südlich von Bressaucourt werden die Conglomerate und die festen, fossilführenden Kalksandsteine von graubraunen, molasseartigen, leicht zerbröckelnden, quarzsandreichen Kalksandsteinen überlagert. Dieser Kalksandstein enthält zahlreiche schlechte marine Fossilien und Holzreste. Links vom Wege von Courgenay nach sous Plainmont, am Fuße des Hügels mit der Höhenzahl 595, zeigen sich brauner, sandiger Ton und grauer, mergeliger Sand, beide mit vielen kleinen Muscovit-Blättchen und reich an *Ostrea cyathula*. Unterlagert werden diese sandigen Schichten von bräunlichem, feinkörnigem Kalksandstein. Auf Blatt VII der geologischen Karte der Schweiz 1:100 000 (2. Aufl.) sind diese Schichten, wahrscheinlich auf Grund ihres Glimmergehalts, als Molasse alsacienne eingetragen. Das Vorkommen von *Ostrea cyathula* dürfte aber wohl entscheidend dafür sein, daß man es trotz des Glimmergehalts noch mit Mitteloligocän zu tun hat; denn in der Molasse alsacienne sollen abgesehen von *Cinnamomum*-Blättern Fossilien vollkommen fehlen.

Etwas weiter nach Osten hin, zwischen Courtemautruy und Paplemont, sind ungefähr auf derselben Höhe und anscheinend ziemlich horizontal liegend petrographisch ähnliche Schichten von mindestens 6—7 m Mächtigkeit aufgeschlossen. Es sind bräunliche und graugrüne Kalksande oder sandige Mergel mit reichlichem

1) Unter der Bezeichnung Aquitanien versteht Rollier die Bildungen der Molasse alsacienne und ihrer Äquivalente, sowie die darüberlagernden brackischen und lakustren Bildungen des Delémontien und stellt die ganze Stufe ins obere Oligocän. Nach der Einteilung, die Haug in seinem Traité de Géologie angenommen hat, wäre nur das Delémontien als Aquitanien zu bezeichnen und ins untere Miocän zu stellen, während die Molasse alsacienne zum Chattien = oberes Oligocän zu rechnen wäre.

Glimmergehalt und einigen eingeschalteten härteren Mergelkalkbänken. An organischen Resten finden sich nur einige röhrige Bildungen zweifelhafter Herkunft. ROLLIER stellt diese Schichten nach den Angaben auf Blatt VII ebenfalls zur Molasse alsacienne, was ihrem petrographischen Habitus nach berechtigt ist. Jedoch haben sie mindestens ebensoviel Ähnlichkeit mit den Cyathula-Schichten bei sous Plainmont, mit denen sie ihrer Lagerung nach leicht in Verbindung gebracht werden können. Ich ziehe es daher vor, auch die glimmerreichen Schichten von Courtemautruy und Paplemont zum Mitteloligocän zu rechnen. Unzweifelhaft oberoligocäne Sedimente sind daher im Elsgau überhaupt nirgends nachzuweisen.

In den Ziegelgruben von Bonfol sind zurzeit unter dem jüngeren Lehm mit Vogesengeröllen nur noch etwa $1^1{}_2$ m fette, graublaue und graubraune Tone aufgeschlossen, die zum Oligocän gerechnet werden müssen. Nach den Angaben von ROLLIER (Lit. 66) waren hier früher sichtbar: Sandige, molasseartige Mergel, darüber dunkle Mergelschiefer mit *Meletta*-Schuppen und graue Mergel mit *Lamna*-zähnen, *Halitherium*-Knochen und *Ostrea cyathula*, also unzweifelhaftes Mitteloligocän.[1]) ROLLIER vermutet, daß diese Schichten von Conglomeraten unterlagert werden. Ich bin eher der Ansicht, daß die Conglomerate fehlen; denn in einem nur 300 m weiter westlich gelegenen Steinbruche liegt graublauer, fetter Ton unmittelbar auf der stark zerklüfteten Oberfläche des Oberkimmeridge-Kalkes. Oligocänes Conglomerat findet sich erst wieder ziemlich weit nach Nordwesten hin, zwischen Beurnevésin und Lugnez.

In den verschiedenen Einschnitten der neuen Bahnlinie von Bonfol nach Pfetterhausen sah ich an mehreren Stellen blaue, sandige Tone, ähnlich denen in der Ziegelei von Bonfol. Leider sind die Einschnitte schon wieder so stark vergrast, daß sich über die Lagerungsverhältnisse dieser Schichten nichts genaueres mehr feststellen läßt.

Eine Ablagerung, deren stratigraphische Stellung mir etwas zweifelhaft ist, findet sich in einer kleinen Sandgrube auf der östlichen Abdachung des Hermont, nahe bei der Bahnlinie Pruntrut-Courgenay. Es ist dies weißer bis brauner Kalksand in wirrer Wechsellagerung mit rotgelben Mergeln und Mergelkalken. Von

1) Ein übereinstimmendes Profil beschreibt BENECKE aus der Mergelgrube von Wolfersdorf bei Dammerkirch, wo eine reiche mitteloligocäne Molluskenfauna nachgewiesen wurde (Lit. 88, S. 421).

Fossilien finden sich nur undeutliche, zweifelhafte Reste. Dagegen sind zahlreiche graue Chalcedonknollen vorhanden, die auch in der weiteren Umgebung des Aufschlusses, über den ganzen östlichen Abhang des Hermont zerstreut vorkommen. Aufgelagert sind diese Schichten unmittelbar auf den Kalken des oberen Kimmeridge, ohne zwischenliegendes Kalkconglomerat. Ich vermute, daß es sich auch hier um eine marine, mitteloligocäne Bildung handelt.

Am Nordrande des Elsgaues, in der Gegend von Boncourt und Réchésy, findet sich, durch grobes Conglomerat vom darunter liegenden Obersequankalk getrennt, eine bis zu 40 m mächtige Folge von Conglomeraten, gelben und roten Mergeln, Mergelkalken mit Cyrenen (Boncourt), Schiefern mit Pflanzenresten (Réchésy) usw. Diese wechselvolle Serie gehört zu dem von Kilian (Lit. 40) eingehend beschriebenen Système de Bourogne. Sowohl Kilian als auch Rollier stellen das Système de Bourogne in das obere Oligocän. Kilian tut dies vor allem auf Grund der Parallelisierung mit den früher für Oberoligocän gehaltenen Schichten von Rufach. Für Rollier ist außerdem noch der Glimmergehalt maßgebend für die Gleichstellung mit der Molasse alsacienne. Wie wenig Beweiskraft diesem Glimmergehalte zukommt, konnte ich an dem Beispiele der glimmerführenden Cyathula-Mergel zeigen, und ähnliche Beispiele gibt es im Tertiär des südlichen Elsaß noch mehrere. Die von Kilian angeführte Parallelisierung ist ebenfalls nicht für oberoligocänes Alter beweisend, weil neuere Untersuchungen (vgl. Förster, Lit. 20 und Kessler, Lit. 37) gezeigt haben, daß die Schichten von Rufach ins untere Mitteloligocän zu stellen sind. Ich möchte daher, in Übereinstimmung mit Kessler, eher annehmen, daß das ganze Système de Bourogne ins Mitteloligocän zu stellen ist. Man wird dann nicht zu den etwas gezwungenen Annahmen genötigt, wie sie Rollier (Lit. 66) machen muß, um das Fehlen von Äquivalenten der Schichten von Bonfol im Profile von Réchésy zu erklären, daß nämlich zwischen dem oberen Stampien und dem unteren Aquitanien eine Erosionsperiode gelegen habe, durch welche die Schichten von Bonfol bei Réchésy wieder entfernt worden seien.

Es ist vielmehr zu vermuten, daß die groben Conglomerate an der Basis des Système de Bourogne die ältesten im Elsgau überhaupt vorhandenen, marinen Oligocänbildungen sind, und daß die verschiedenartigen darüber liegenden Sedimente gleichaltrig mit den Conglomeraten und Kalksandsteinen des übrigen Elsgaues sind.

Nur die höchsten Teile würden vielleicht dem oberen Mitteloligocän, den Cyathula-Mergeln usw., entsprechen. Also auch hier wären keine oberoligocänen Bildungen vorhanden.

Jungtertiär.

Miocäne Ablagerungen sind im Elsgau nicht nachzuweisen. Nur durch Vergleichung mit dem Tertiär des südlichen Berner Jura kann man wahrscheinlich machen, daß einst obermiocäne Sedimente im Elsgau vorhanden waren.

Dagegen sind unterpliocäne Bildungen sicher beobachtet, und zwar als fluviatile Schottermassen, die in fast zusammenhängender Decke das Gebiet nordöstlich der Linie Boncourt-Vendlincourt-Frégiécourt bedecken. Auch südwestlich dieser Linie finden sich im ganzen Elsgau vereinzelte Gerölle, die vermutlich zu diesen Schottern gehören. Die Mächtigkeit der Schotterlage läßt sich kaum genau angeben, da das Liegende meist nur dort aufgeschlossen ist, wo die Schotter durch Verlehmung und Verschwemmung sehr stark reduziert sind. Die waldbedeckten Hügel östlich des Tales der Vendeline scheinen zum größten Teile aus diesen Schottern aufgebaut zu sein, die also hier eine Mächtigkeit von mindestens 20—25 m erreichen müssen.

Die Schotter transgredieren gleichmäßig über alle Schichten des Malm vom oberen Rauracien bis zum Virgulien, sowie über das Oligocän, ohne von den Verwerfungen, die das Elsgau durchsetzen, beeinflußt zu sein. Die Auflagerung auf dem Rauracien im ungefalteten Tafellande ist deshalb besonders zu beachten, weil man (vgl. Lit. 36) auch im hohen Kettenjura vermutlich gleichaltrige Gerölle auf Rauracien gefunden hat und daraus auf eine zweimalige Faltung mit zwischenliegender Einebnungsperiode geschlossen hat. Der Befund im Elsgau zeigt nun, daß die Annahme von präpliocänen Faltungsbewegungen nicht notwendig ist, um derartige Lagerungsverhältnisse zu erklären. Die absolute Höhenlage der Schotter schwankt zwischen 400 und 500 m. Im Norden scheinen sie im allgemeinen etwas tiefer zu liegen als im Süden, was auf eine schwache nachträgliche Schiefstellung der ganzen Tafel schließen läßt; denn das ursprüngliche Gefälle ging jedenfalls von Norden nach Süden.

Größere Höhenunterschiede in der Lage der Schotter zeigen sich an den Stellen, wo bei der Auffaltung des Kettenjura Antiklinalen gebildet wurden, was sich sehr gut in der Nähe von Char-

moille beobachten läßt. Auf der Höhe von Morimont finden sich Gerölle noch auf 720 m; auch im Höhenzuge von le Mont nördlich von Lugnez und bei der Ferme du Fahy östlich von Boncourt sind die Schotter allem Anscheine nach mit den Antiklinalen gehoben worden. Daß diese Schotter älter sind als die Jurafaltung, ergibt sich aus der Tatsache, daß sie notwendigerweise mit den gleichaltrigen Bildungen des Bois de Raube im Becken von Delsberg zusammenhängen mußten. Außerdem läßt sich, wie wir sehen werden, dieser Zusammenhang durch Fossilfunde beweisen.

Die Zusammensetzung der Schotter ist sehr wechselnd. Bald sind es lehmreiche, braune Quarzsande, die gar keine oder nur wenige größere Gerölle enthalten, bald wieder wird die Hauptmasse des Schotters aus bis kopfgroßen Geröllen gebildet. Immer zeigt sich eine tiefgründige Zersetzung und Verlehmung, sodaß nur die widerstandsfähigsten Gerölle, Quarzite und Quarzsandsteine, gut erhalten geblieben sind. An vielen Punkten sind dies überhaupt die einzigen im Lehm vorhandenen Gerölle. Kalkgerölle fehlen im Elsgau in diesen Schottern vollkommen, auch der feinere Sand und Lehm erweist sich als nahezu karbonatfrei. Das einzige, was neben den kristallinen Gesteinen vorkommt, sind kleine Bohnerzkörner, die an einigen Stellen sogar recht häufig sind, und außerdem in der Nähe von Luffendorf auch einige Gerölle aus der oligocänen Knauermolasse. Die feldspathaltigen Gesteine sind zumeist so vollkommen zersetzt, daß sie an der Luft sofort zerfallen. Jedoch so viel läßt sich erkennen, daß zum mindesten der allergrößte Teil dieser Gerölle aus den Vogesen stammt. Sehr häufig sind nämlich Stücke aus dem Buntsandstein, besonders ganz typisches Hauptconglomerat. Aus dem Buntsandstein wird auch ein großer Teil der Quarzite stammen, seien es nun herausgewitterte Gerölle des Hauptconglomerats, seien es stark verkieselte Quarzsandsteine. Weiter sind nicht selten carbonische Grauwacken und Kieselschiefer, Quarzporphyre und Quarzporphyrtuffe des Rotliegenden, hornfelsartige Kontaktgesteine, und schließlich, meist allerdings bis zur Unkenntlichkeit zersetzt, Granite und Gneise.

Daß mindestens ein Teil dieser Schotter unterpliocänen Alters ist, konnte ich durch Fossilfunde beweisen. Aus der Quarzsandgrube von la Tuilerie nördlich Charmoille erhielt ich durch Vermittlung des Besitzers der Grube folgende Säugetierreste:

1. *Dinotherium giganteum* Kaup. 1 unterer M_2. 2 Bruchstücke von Stoßzähnen.

2. *Aceratherium incisivum* KAUP. 1 rechter und 1 linker oberer M_3.

3. *Rhinoceros* (*Ceratorhinus*) *Schleiermacheri* KAUP. 1 linker oberer M_3 und ein Bruchstück eines anderen oberen Backenzahnes.

4. *Hipparion gracile* KAUP. 1 linker unterer M_1.

Herr Professor DENINGER hatte die Liebenswürdigkeit, mich bei der Bestimmung dieser Zähne zu unterstützen. Die Stücke befinden sich in der Sammlung des Geologischen Instituts der Universität Freiburg i/Br.

Wie man sieht, stimmt diese Fauna genau mit der Fauna der Sande von Eppelsheim und ähnlicher unterpliocäner Bildungen überein. Aus den Vogesenschottern des Beckens von Delsberg war bisher *Dinotherium giganteum* und *Aceratherium incisivum* bekannt. Auf die Gleichaltrigkeit der Schotter von Charmoille und vom Bois de Raube, die jetzt durch ein fast 1000 m hohes Gebirge getrennt sind, hatte man schon früher auf Grund ihrer petrographischen Ähnlichkeit geschlossen. Die Fossilfunde bestätigen diese Vermutung. Von Charmoille aus lassen sich gleichartige Schotter nach Norden und Nordwesten hin bis nach Frankreich und in das Sundgau hinein verfolgen. Ich bin der Ansicht, daß zum mindesten ein großer Teil dessen, was KILIAN (Blatt Montbéliard und Ferrette der geologischen Karte von Frankreich) als alluvions anciennes bezeichnet und zum alten Diluvium rechnet, den unterpliocänen Dinotheriensanden gleichzustellen ist. Das Material der alluvions anciennes stammt nach KILIAN aus den Vogesen. Die von KILIAN erwähnten Funde von *Elephas primigenius* sprechen durchaus nicht gegen das unterpliocäne Alter dieser Bildungen. KILIAN betont ausdrücklich, daß die Mammutzähne nur in den obersten, lehmigen Schichten gefunden wurden. Daß diese obersten Schichten im Diluvium etwas umgelagert wurden, und daß dabei einmal ein Mammut eingebettet wurde, ist ganz natürlich. Auch manches von dem, was im allgemeinen als Sundgauschotter oder oberelsässischer Deckenschotter bezeichnet wird, mag zu den Dinotheriensanden gehören, wenigstens soweit nicht in größerer Menge alpines oder Schwarzwaldmaterial nachzuweisen ist.

Ich will aber damit durchaus nicht behaupten, daß alle verlehmten und zersetzten Schotter des Elsgaues und Sundgaues aus dem Unterpliocän stammen. Nur sind die Dinotheriensande die einzige Stufe, deren Alter sich durch Fossilfunde festlegen läßt. Im oberen Helvétien von Undervelier und anderen Orten finden

sich bereits Vogesengerölle. Im Becken von Tavannes liegen zwischen dem Kalk der Öninger Stufe und dem oberen marinen Helvétien Sande mit *Dinotherium bavaricum* H. v. M., die vermutlich auch aus den Vogesen herzuleiten sind. Rollier bezeichnet diese Sande, ebenso wie die Ablagerungen des Bois de Raube, als Dinotheriensande. Beide Schotterbildungen lassen sich dem Material nach nicht trennen, so lange keine Fossilien vorhanden sind; denn die Bedingungen, unter denen sie gebildet wurden, sind vom Obermiocän bis in das Pliocän hinein die gleichen geblieben. Jedoch gehören die Sande mit *Dinotherium bavaricum* sicher einer älteren Stufe, dem Obermiocän, an, was ja auch durch ihre Lagerung unter dem Öninger Kalk erwiesen ist. Die Schotter vom Bois de Raube und von Charmoille dagegen sind zum Unterpliocän zu rechnen. Im Becken von Delsberg scheinen beide Schotterstufen neben- oder übereinander vorzukommen; denn am Mont Chaibeut fand sich ein Unterkiefer von *Dinotherium bavaricum* (vgl. Lit. 4), in Bois de Raube *Dinotherium giganteum*. Es braucht also auch im Elsgau nicht alles, was Vogesenmaterial enthält, zum Unterpliocän zu gehören, teilweise mag es sich auch hier um obermiocäne Bildungen handeln, obwohl dies bis jetzt noch nicht durch Fossilfunde bestätigt ist.

Wie lange der südwärts gerichtete Transport von Vogesengeröllen angehalten hat, läßt sich nicht mit Sicherheit feststellen. Jedoch darf man nach den Untersuchungen von Gutzwiller, Förster u. a. wohl als erwiesen annehmen, daß im Oberpliocän oder ältesten Diluvium die Entwässerungsrichtung sich änderte. Den Anlaß dazu wird die Auffaltung des Kettenjura gegeben haben. Nun lagerte der von Osten kommende und durch die burgundische Pforte abströmende Urrhein seine Schotter aus Alpen- und Schwarzwaldmaterial im Sundgau ab. Die Gerölle der Vogesen waren natürlich von dieser Zeit ab auf das nördliche Sundgau beschränkt. Die Lagerungsbeziehungen zwischen diesen sog. Sundgauschottern oder oberelsässischen Deckenschottern und den älteren Vogesenschottern habe ich nicht näher untersucht. Es wären dazu umfassende Begehungen des ganzen Sundgaues und der anschließenden Teile von Frankreich und der Schweiz nötig. Überall müßte man den Gehalt an Geröllen bekannten Ursprungs womöglich prozentual genau feststellen, die oberen und unteren Teile der großen Kiesgruben getrennt untersuchen; dann wäre es vielleicht möglich, einige Stellen ausfindig zu machen, an denen sich die beiden aus verschiedenem Material aufgebauten Schotter gegenseitig überlagern. Dieser Nach-

weis ist mir bis jetzt nicht gelungen. Ihrem äußeren Habitus nach lassen sich die beiden Schotterablagerungen nicht unterscheiden. Erschwert werden die Untersuchungen noch dadurch, daß die rheinischen Sundgauschotter sicherlich an vielen Stellen aufgearbeitetes Material der Vogesenschotter enthalten. In der Nähe von Boncourt z. B. finden sich Gerölle von Buntsandstein und daneben nicht selten rote Hornsteine, die aller Wahrscheinlichkeit nach aus den Alpen stammen. Jedoch nicht überall hat diese Vermischung stattgefunden. In der Gegend von Vendlincourt und Bonfol scheint nur Vogesenmaterial vorzukommen. In verschiedenen Kiesgruben zwischen Altkirch und Niedersept dagegen fand ich wohl zahlreiche Hornsteine und andere Gerölle alpinen Ursprungs, aber keine Buntsandsteine, zum mindesten keine der weiter südlich so häufigen und typischen Gerölle von Hauptconglomerat.

Als pliocäne Bildungen möchte ich auch die groben Schuttanhäufungen ansprechen, die sich zwischen Courgenay und Pleujouse am Rande der Montterrible-Kette vorfinden. Sie verdanken nicht langsamen Gehängerutschungen sondern richtigen Bergstürzen ihre Entstehung. An mehreren Punkten kann man deutlich ihre Auflagerung auf das Oligocän beobachten. Sehr typisch sind z. B. die beiden Hügel zwischen St. Gelin und Paplemont, sowie der Hügel mit der Höhenzahl 595 bei sous Plainmont. Das Material der Bergstürze sind helle Malmkalke, Rauracienoolithe und außerdem viel Hauptrogenstein. Sie finden sich gerade an den Stellen, wo die Montterrible-Kette besonders stark nach Norden überschoben ist. Ich glaube daher, daß diese Bergstürze gleichzeitig mit der Überschiebung entstanden, daß sie den niedergebrochenen Schutt des Stirnrandes der Überschiebung darstellen. Sie wären daher etwa mittel- bis oberpliocänen Alters.

Quartär.

Die diluvialen Bildungen sind im Elsgau nur von geringer Bedeutung. Der sog. Höhenlehm findet sich weit verbreitet auf den Plateaus, erreicht in dem Gebiete zwischen Courgenay und Charmoille sogar eine solche Mächtigkeit, daß er den jurassischen oder tertiären Untergrund auf weite Strecken hin vollkommen verdeckt. Dieser Lehm mag eine diluviale, lössähnliche Bildung sein. In der Nähe von Pruntrut wurden früher Reste von *Elephas primigenius* aufgefunden. Ein Teil des Lehmes kann jedoch als der letzte Überrest der jungtertiären Schotterdecken aufgefaßt werden, be-

sonders an den Stellen, wo sich noch vereinzelte Quarzitgerölle darin finden.

Die alluvialen Aufschüttungen der jetzigen Gewässer sind sehr gering, da im allgemeinen wohl die chemische Erosion vorherrscht. Die zahlreichen Trockentäler enthalten an ihrem Grunde meist eine Schicht von eckigem, kaum abgerolltem Schutt. Jungen Travertin fand ich an wenigen Punkten unterhalb von Quellen. Zwischen Cornol und Charmoille breiten sich moorige Bildungen aus. Gehängeschutt ist reichlich vorhanden, besonders im Gebiete der Sequanmergel bedeckt er schon ziemlich flache Gehänge. Häufig ist der Schutt zu einem festen Brecciengestein verbacken. Daß ein Teil der Schuttmassen am Nordrande der Montterrible-Kette nicht zum Quartär sondern zum Pliocän zu rechnen ist, habe ich schon weiter oben begründet.

Tektonik.

Das schweizerische Elsgau bildet eine tektonische Einheit mit dem ausgedehnten jurassischen Tafellande, das den größten Teil des Blattes Montbéliard der geologischen Karte von Frankreich einnimmt. Diese mehr oder weniger ungestörte Tafel ist von großen tektonischen Linien begrenzt. Eine mächtige Flexur, die von Chazelot am Oignon gegen Belfort hinzieht, trennt sie nach Nordwesten hin vom Triasvorlande der Vogesen. Nach Süden bildet die Lomont-Montterrible-Kette eine deutlich sichtbare Grenze. Im Westen, auf der kurzen Strecke von Baume-les Dames am Doubs bis zum Oignon, bilden die Ausläufer des mächtigen Verwerfungszuges des Oignontales eine nicht besonders scharfe Grenze gegen die Juralandschaft des Saônebeckens. Die Nordostgrenze verläuft ziemlich unregelmäßig, sie folgt ungefähr der Linie Belfort-Montbéliard-Delle-Pfetterhausen, längs deren die Juraschichten mit einer noch wenig untersuchten tektonischen Störungslinie, Verwerfung oder Flexur, gegen das von tertiären und diluvialen Schichten bedeckte Becken von Montbéliard abstoßen. Ganz im Osten endlich bildet die Aufbiegung des elsässischen Jura an der bekannten Sundgaulinie eine scharfe tektonische Grenze.

Dieses ganze Gebiet, das zum größten Teile auf französischem Boden liegt, wird vor allem von radialen Störungen, Verwerfungen und Flexuren, durchsetzt. Daneben machen sich aber auch Einflüsse eines von S oder SO kommenden tangentialen Zusammenschubs, die letzten Ausläufer der Jurafaltung, be-

merkbar. Beide Arten von tektonischen Bewegungen sind nicht sehr intensiv, besonders wenn man die Verhältnisse im Kettenjura oder im östlichen Tafeljura zum Vergleiche heranzieht. Dies mag auch die Veranlassung dazu gegeben haben, daß über die Tektonik dieser Gebiete bisher so wenig Einzelheiten bekannt geworden sind. Das Gebiet erschien im wesentlichen ziemlich ungestört und reizte nicht zu weiteren Untersuchungen. Doch gerade diese einfachen Verhältnisse sind es wieder, die das Gebiet besonders interessant und instruktiv machen. Die Mechanik der Gebirgsbewegungen, die gegenseitige Beeinflussung von radialen und tangentialen Störungen läßt sich in einem einfach gebauten Gebiete viel leichter studieren als in einem stark gestörten, verwickelten Gebirge, wo es gar nicht mehr möglich ist, die einzelnen Bewegungskomponenten auseinander zu halten.

Ich werde zunächst die tektonischen Elemente, die im schweizerischen Elsgau zu erkennen sind, beschreiben und die theoretischen Zusammenhänge der verschiedenen Gebirgsbewegungen, sowie die Beziehungen zu den benachbarten Gebieten in einem späteren Abschnitte diskutieren.

Spezielle Tektonik.

I. Die Linien radialer Gebirgsbewegung.

Durch radiale Krustenbewegungen wurde das Elsgauer Tafelland, abgesehen von verschiedenen kleineren Störungen, im wesentlichen in zwei große, verschieden hoch gelegene Schollen zerlegt. Das nordwestliche Elsgau bildet zusammen mit dem benachbarten französischen Gebiete eine Art von flachem Horst, gegen den das östliche und südliche Elsgau um etwa 100 m abgesunken ist. Den tektonisch tiefliegenden Teil bezeichne ich als das Senkungsfeld von Pruntrut. Da Horst und Senkungsfeld morphologisch ein ziemlich einheitliches Tafelland darstellen, wird die Oberfläche des Horstes im wesentlichen von älteren Malmschichten, Rauracien und Sequan, die Oberfläche des Senkungsfeldes dagegen von Kimmeridge und Virgulien gebildet.

Der Horst des nordwestlichen Elsgaues.

Die hochliegende, in sich selbst ziemlich ungestörte Scholle hat ungefähr die Form eines O—W gestreckten Rechtecks von etwa

14 km Länge und 8 km Breite. Nahe dem Westende besitzt sie einen nach Süden ausladenden Fortsatz, der bis an den Kettenjura reicht. Im Süden wird die Scholle begrenzt durch eine Flexur, die sich von Fahy nach ONO bis in die Gegend von Pruntrut erstreckt, im Osten durch eine Verwerfung, die dem westlichen Gehänge des Cauvatetales entlang läuft. Die nördliche und westliche Grenze des Horstes liegt zum größten Teile auf französischem Gebiet, konnte also von mir nicht mehr untersucht werden. Nach dem, was sich aus der geologischen Karte von Frankreich (Blatt Ferrette und Montbéliard) herauslesen läßt, scheint die Grenzlinie bei Florimont aus der NS-Richtung zur WSW-Richtung umzubiegen. An der Ostseite des Allainetales bei Boncourt konnte ich Flexuren und kleinere Brüche nachweisen, die etwa in dieser Richtung streichen. Im Allainetal selbst, an einer Bruchlinie, die sich nach Süden hin durch das ganze Elsgau hindurch verfolgen läßt, findet eine neue Ablenkung der Abbruchslinie nach WNW bis NW hin statt. Wahrscheinlich streicht die Linie nun in dieser Richtung weiter bis in die Gegend von Morvillars, um dort scharf nach Süden hin umzubiegen. Jedoch weist dieser nordwestliche Zipfel des Horstes (etwa das Dreieck Delle—Morvillars—Dampierre) jedenfalls noch bedeutende tektonische Unregelmäßigkeiten auf, die sich z. B. durch das Auftreten von Kimmeridge und Tertiär bei Fêche-l'Eglise und Badevel zu erkennen geben. Die geologische Karte von Frankreich läßt jedoch den Charakter dieser Störungen nicht klar hervortreten Deutlich erkennbar ist die Absenkungslinie erst wieder von Dampierre ab ziemlich genau nach Süden, bis in die Gegend von Vaudoncourt und Abbévillers. Die geologische Karte von Frankreich verzeichnet zwar keine tektonische Linie; jedoch liegen die Schichten offenbar nicht normal, da im Westen Virgulien und Kimmeridge auf derselben Höhe eingezeichnet sind, wie im Osten Sequan und Rauracien. Wahrscheinlich handelt es sich um eine Flexur. In der Gegend von Abbévillers muß diese Flexur wieder nach Osten hin abgelenkt sein und geht dann zwischen Abbévillers und Fahy in einen N—S streichenden Bruch über, den ich bis in die Gegend von Réclère verfolgen konnte. Zwischen Réclère und Rocourt tritt die horstartige Erhebung bis an den Kettenjura heran. In wiefern die den Horst begrenzenden Verwerfungen sich noch in den Kettenjura hinein verfolgen lassen, das soll später untersucht werden. Nach Osten hin wird dieser südliche Vorsprung des Horstes begrenzt durch eine Verwerfung, die

vom Rande des Kettenjura östlich Rocourt gegen Fahy hinzieht und sich dort mit der großen Flexur vereinigt, welche die Südgrenze des Horstes bildet.

Wenn man von den später zu besprechenden, jüngeren Antiklinalen am Nord- und Südrande absieht, so ist dieser Horst in sich selbst ein ziemlich ungestörtes Gebiet, das nur von einer einzigen größeren Verwerfung durchsetzt wird. Kleinere, unbedeutende Sprünge mögen in größerer Zahl vorhanden sein, doch lassen sie sich in den schlecht gebankten Rauracienkalken und den stark rutschenden Sequanmergeln nirgends mit Sicherheit fassen; sie haben aber jedenfalls keine Bedeutung für das tektonische Gesamtbild. An vielen Stellen des Horstes liegen die Schichten fast ganz horizontal. An anderen Stellen kann man schwaches Einfallen in verschiedenen Richtungen beobachten. Es entsteht dadurch eine unregelmäßige Wellung, die ich in kein bestimmtes System bringen konnte. Die Höhenunterschiede, die durch diese Wellung erzeugt werden, sind nicht bedeutend, meist nur etwa 20—30 m.

In dem Tafelstück westlich der Allaine kann man ein allgemeines, schwaches Einfallen von etwa $^1/_2$—1^0 nach Osten hin beobachten. Daher kommt es, daß die Schichten im Westen, an der französischen Grenze, etwa 50 m höher liegen, als am Westrande des Allainetals. Da zugleich in der Gegend von le Mairâ und Bure ein schwaches Einfallen nach dem Nord-, bzw. Südrande des Horstes zu bemerken ist, so kommt in dieser Gegend eine Art von weitgespannter, kuppelförmiger Aufwölbung zustande. Eine Folge dieser Aufwölbung ist es, daß in der Schlucht la grande Valle bei Buix das Terrain à chailles unter dem Rauracien zutage tritt. Ich vermute, daß diese Aufwölbung weiter nach Frankreich hinein reicht, und daß dadurch die Oxford-Vorkommen in den Tälern von St. Dizier und Beaucourt zu erklären sind. KILIAN hingegen (Lit. 41) glaubt in dieser Gegend N—S streichende Antiklinalen annehmen zu müssen.

Daß im nordwestlichen Teile des Horstes, in der Gegend von Badevel und Fêche-l'Eglise, vermutlich nicht ganz unbedeutende tektonische Störungen, Synklinalen oder Grabenbrüche, vorhanden sind, habe ich oben erwähnt. Aber auch auf schweizerischem Gebiete, in der Gegend von Fahy und Grandfontaine, finden sich wahrscheinlich derartige Störungen, über deren Beschaffenheit ich nichts näheres ermitteln konnte, teils weil die Aufschlüsse zu mangelhaft sind, teils weil die betreffenden Stellen zu nahe der franzö-

sischen Grenze liegen, über die hinaus ich nicht mehr kartieren konnte. Ein Anzeichen für derartige Störungen ist z. B. das unvermittelte Auftreten von Unterkimmeridge mitten im Sequangebiete an der Straße Fahy—Abbévillers, etwa 400 m südöstlich der Landesgrenze. Nicht ganz erklärlich ist mir auch das Vorkommen von Pterocerasmergeln auf der Höhe von les Gaubes südlich von Rocourt, ebenfalls mitten in den aufgefalteten Mergeln des Untersequans.

Scheint der tektonische Aufbau des Horstes nach Westen hin verhältnismäßig immer komplizierter zu werden, so ist hingegen das Tafelstück östlich der Allaine durchaus einfach gebaut. Es finden sich wohl jene oben erwähnten unregelmäßigen Wellungen; im übrigen aber liegen die Schichten so gut wie vollkommen ungestört und horizontal. Nur am Nord- und am Südrande findet sich je eine kleine Antiklinale, die später besprochen werden soll.

Dieses Tafelstück östlich der Allaine liegt in seiner Gesamtheit etwa 50 m tiefer als der Ostrand der Tafel westlich der Allaine. Durch das normale O-Fallen der Tafel läßt sich dieser plötzliche Höhenunterschied nicht erklären. Man ist daher zu der Annahme gezwungen, daß im Allainetal, von Boncourt aufwärts bis in die Gegend von Courchavon, eine tektonische Absenkungslinie verborgen ist. Ob es sich um eine richtige Verwerfung oder um eine mehr oder weniger scharfe Flexur handelt, das läßt sich freilich nicht feststellen. Ebensowenig kann man bestimmen, ob die Störungslinie tatsächlich alle Knicke und Biegungen des Allainetals mitmacht, oder ob sie mehr geradlinig verläuft und die Biegungen des Tales etwas abrundet oder abschneidet. Die schlecht gebankten und ohnehin meist zerklüfteten Rauracienkalke der Talwände lassen tektonische Einzelheiten nur undeutlich erkennen. Aber vorhanden ist diese Störung unter allen Umständen, und die Lage des Erosionstales ist jedenfalls in der Hauptsache durch die tektonische Zerrüttungszone bedingt. Der oben erwähnte Knick, den die nördliche Abbruchslinie der Juratafel bei Boncourt macht, fällt mit dem Austritt der Allainetalstörung aus der Juratafel zusammen. Die Abbruchslinie der Juratafel hat zwischen Delle und Morvillars ungefähr dieselbe allgemeine NW-Richtung, wie das Allainetal zwischen Grandgourt und Boncourt.

Vergleicht man die tektonische Höhenlage der Schichten auf beiden Seiten des Allainetales zwischen Boncourt und Milandre, so findet man, daß hier auch ein Höhenunterschied von etwa 30 m

vorhanden ist. Jedoch scheint der Sinn der Verwerfung umgedreht, der westliche Flügel liegt tiefer. Dies ist aber nur scheinbar; denn die östliche Talseite ist sekundär gehoben bei der Bildung einer Antiklinale, die sich nach NO in der Richtung auf Florimont hinzieht. Die ältere S—N streichende Störung hat als Trennungsfläche gewirkt, der Ostflügel wurde gehoben, während der Westflügel ruhig blieb, und so wurde der ursprüngliche Sinn der Verwerfung umgedreht. Von Buix an nach Süden hin ist es immer die östliche Talseite, die um rund 50 m tiefer liegt. Etwa 300 m südlich vom Bahnhof von Grandgourt zeigt sich an der westlichen Talseite in den Rauracienfelsen ziemlich starkes (10°) NO—Fallen, das vermutlich mit dieser Störung zusammenhängt. Im übrigen aber liegen die Schichten an den Talrändern meist horizontal oder zeigen nur ein schwaches Einfallen in verschiedenen Richtungen. Es sind auch keine bedeutenden Klüftungserscheinungen oder Rutschharnische festzustellen. Lediglich die verschiedene Höhenlage der Schichtgrenze auf den beiden Talseiten läßt auf das Vorhandensein einer tektonischen Störung schließen.

Nach Süden hin verläuft diese Störung jedenfalls bis über Courtemaîche hinaus im Tale der Allaine. In der Gegend von Courchavon ist zwar noch ein gewisser Höhenunterschied zwischen den beiden Talseiten bemerkbar, jedoch wird dieser immer unbedeutender je weiter man nach Süden kommt, und die Beobachtung wird außerdem dadurch erschwert, daß wieder eine jüngere Antiklinale auftritt, die beide Talseiten zugleich ergriffen hat. Also wenn allenfalls bei Courchavon im Allainetal noch eine kleinere Störung liegen sollte, so verklingt diese nach Süden sehr rasch, so daß an der Stelle des scharfen Knicks nach Osten keine Spur davon mehr zu beobachten ist.

Dagegen zweigt etwa in der Mitte zwischen Courtemaîche und Courchavon eine Verwerfung in südsüdwestlicher Richtung vom Allainetal ab und setzt sich, zunächst allerdings nur mit einer recht geringen Sprunghöhe von etwa 20—30 m, in das Gebirge hinein fort. In den mergelreichen Sequanschichten dieses Gebietes ist es natürlich nicht möglich, den Verlauf dieser Verwerfung genau festzulegen. Daß jedoch eine derartige Störung vorhanden ist, kann man an zahlreichen entsprechend streichenden, kalkspaterfüllten Klüften und Zerrüttungszonen erkennen, die in dem Tale zwischen Courchavon und Mormont zu finden sind. Im Bois de Gléresse, südlich von Mormont, biegt diese Verwerfung zur NS-Richtung

um. Die Grenze zwischen Unter- und Obersequan liegt östlich der Verwerfung, im Bois de Sapin, etwa auf 500 m, westlich davon aber auf etwa 550 m. Die Sprunghöhe beträgt also hier etwa 50 m. Die Verwerfung gibt sich außerdem dadurch zu erkennen, daß im oberen Teile der Combe Varieux die Mergel des Untersequans, die ausnahmsweise an mehreren Punkten anstehend zu sehen sind, eine viel größere Mächtigkeit besitzen, als sie ihnen normalerweise zukommt. Die Verwerfung setzt nach Süden hin fort, in den Höhenzug des grand Fahy hinein. Dort ist ihre Sprunghöhe durch einseitige Auffaltung wieder nahezu ausgeglichen. Noch weiter im Süden dagegen wird sie wieder sichtbar und läßt sich, wie wir später sehen werden, noch bis an den Rand des Kettenjura verfolgen.

Die randlichen Begrenzungslinien des Horstes.

Die tektonischen Linien, von welchen der Horst des nordwestlichen Elsgaues begrenzt wird, habe ich oben aufgezählt. Es bleibt jetzt noch übrig, diese Linien in ihren Einzelheiten zu beschreiben, so weit sie innerhalb meines Untersuchungsgebietes verlaufen.

1. Die Verwerfung von Rocourt. Die N—S streichende Abbruchslinie östlich von Rocourt und Fahy, mit welcher der Horst gegen das Westende des Senkungsfeldes von Pruntrut anstößt, hat trotz ihrer verhältnismäßig geringen Sprunghöhe große Bedeutung für den Aufbau der Montterrible-Kette, wie weiter unten gezeigt werden soll. Nach ihrem Austritt aus dem Kettenjura tritt diese Verwerfung zum ersten Male in der Combe Monnay, südöstlich von Rocourt, deutlich in die Erscheinung. Der westliche Steilhang dieser Schlucht ist wahrscheinlich durch die Verwerfung bedingt. Östlich der Verwerfung findet sich schwach südfallendes Oberkimmeridge und Virgulien; westlich davon stehen die Schichten des mittleren und oberen Sequans an, die durch das an der Verwerfung ausklingende Perchetgewölbe schwach aufgefaltet sind. Die Sprunghöhe beträgt also etwa 70—80 m. In einem Aufschlusse an der westlichen Talseite zeigt sich ein Einfallen von etwa 10^0 nach der Verwerfung zu, also eine Schleppungserscheinung.

Die Verwerfung überschreitet nach Norden hin das Tal von Rocourt. Die Sprunghöhe wird dabei zunächst größer, etwa 120 bis 130 m; denn im Westen stoßen in der Axe des Perchetgewölbes die Mergel des Untersequans an die Verwerfung an, während im

Osten die Virgulamergel durch einen kleinen, grabenartigen Einbruch um weitere 40 m, bis auf das Talniveau herunter gesenkt worden sind. Am nördlichen Talhang kann man in einem kleinen Steinbruche eine starke NS-Klüftung und Zerrüttung, sowie kleine Schleppungserscheinungen beobachten, die das Vorhandensein der Verwerfung sehr deutlich erkennen lassen. Ziemlich genau N—S streichend zieht die Verwerfung weiter gegen den Punkt 567 auf der Straße Pruntrut-Fahy. Orographisch ist sie nicht mehr zu erkennen. Die Sprunghöhe beträgt zunächst noch etwa 80—100 m. Im Osten stehen auf etwa 560 m Virgulamergel an, im Westen finden sich auf derselben Höhe die Gesteine der Humeraliszone. Nach Norden hin wird die Sprunghöhe jedoch immer geringer, da sich im östlichen Flügel starke Schleppungserscheinungen bemerkbar machen, so daß allmählich O bis SO fallendes Ober- und Unterkimmeridge neben das noch ziemlich horizontal gelagerte Obersequan zu liegen kommt. Auf diese Weise verwandelt sich die Verwerfung langsam in eine Flexur, wie dies auf der beigegebenen Lagerungsskizze an dem Verlaufe der Höhenlinien zu erkennen ist, die sich an die Verwerfung anschmiegen. An der Straße Pruntrut-Fahy ist gar kein Bruch mehr zu beobachten, dagegen findet sich bei Höhenzahl 567 20^0 O fallendes Obersequan.

2. Die Fahy-Flexur.[1]) Die große Flexur, welche den Horst nach Süden hin gegen das Senkungsfeld von Pruntrut abgrenzt, geht unmittelbar aus der Verwerfung von Rocourt hervor. Wie oben erwähnt, verwandelt sich diese Verwerfung an ihrem Nordende in eine N—S streichende Flexur. Diese Flexur biegt sehr rasch nach Osten hin um. Schon bei Höhenzahl 563 an der Straße Fahy-Bure findet man NNO streichendes Obersequan, das mit 35^0 nach OSO einfällt. Die 15—20^0 SO fallenden Oberkimmeridgekalke in den Steinbrüchen von la Rotte zeigen schon fast reines NO-Streichen. Und in der Nähe des Hofes en Nalé hat die Flexur bereits ostnordöstliches bis rein östliches Streichen angenommen, das sie nun weiterhin beibehält.

Am Westende der Flexur ist die Abbiegung ziemlich scharf, wie die oben angeführten Gradzahlen für das Einfallen der Schichten beweisen. Abgebogen sind im wesentlichen die Schichten des

1) Rollier (Lit. 63) hält diese Flexur in ihrer ganzen Länge für eine Antiklinale und bezeichnet sie als Fahygewölbe. Es hat sich gezeigt, daß nur das östliche Ende der Flexur mit einer jüngeren Antiklinale verbunden ist. Ich habe nun den Namen „Fahy“ auf die Flexur übertragen.

Obersequans und des Kimmeridges, während das Untersequan im Norden und das Virgulien im Süden nur noch ein schwaches Einfallen in der Richtung der Flexur aufweist. Dieses langsame Einfallen der Schichten auch in größerer Entfernung von der Flexur macht es unmöglich, genaue Zahlen für die durch die Flexur verursachte Vertikalverschiebung anzugeben. Im Durchschnitt mag diese Verschiebung etwa 100 m betragen.

Östlich von en Nalé wird die Flexur bedeutend flacher. Auf ziemlich weite N-S-Erstreckung hin zeigen die Schichten ein langsames Einfallen von 4—6° S. Erst in der Nähe von Bure und beim Tale von Chevenez wird einigermaßen die horizontale Schichtlage erreicht. Weiter im Osten, in der Nähe des Hofes Varandin, wird die Abbiegung stellenweise wieder etwas schärfer. Während auf der Linie Bure—Mormont die Sequanschichten nahezu horizontal liegen, findet sich bei Höhenzahl 612 an der Straße Bure—Pruntrut das Unterkimmeridge auf eine kurze Strecke 10—20° S fallend. Bei Höhenzahl 558 südwestlich von Mormont fallen die Obersequankalke mit 9° nach Süden ein und am Westende des grand Fahy, in der Nähe des Hofes Varandin, die Obersequan- und Kimmeridgeschichten 4—7° S. Die Flexur ist also in dieser Gegend ziemlich unregelmäßig gebaut, die Zone stärkerer Abbiegung ist im ganzen etwa 2 km breit.

Östlich der Allainetalverwerfung wird die Flexur wieder gleichmäßiger, wobei aber die Abbiegungszone ungefähr die Breite von 2 km beibehält. Der Nordrand ist kompliziert durch das Auftreten einer jüngeren Antiklinale mit etwas abweichendem Streichen. Innerhalb des großen Waldkomplexes des grand Fahy und des petit Fahy im Nordwesten von Pruntrut findet man überall ziemlich gleichmäßiges S-Fallen von 7—9°. An den Gehängen des Allainetals zwischen Pruntrut und Pont d'Able zeigt die Streichrichtung der Flexur bereits eine gewisse Tendenz, nach Norden hin abzubiegen; denn ungefähr mit der Straße Pruntrut—Coeuve hat die Flexur ihr Ostende erreicht, sie biegt nach Norden hin um und vereinigt sich mit den Verwerfungen, welche die Ostgrenze des Horstes bilden. Östlich des Cauvatetals reichen die Virgulien- und Oberkimmeridgeschichten des Senkungsfeldes von Pruntrut in ziemlich ungestörter Lagerung weit über die verlängerte Streichrichtung der Fahy-Flexur hinaus nach Norden. Daß die Flexur tatsächlich nach Norden hin umbiegt, zeigt sich in einem Steinbruche an der Straße Pruntrut-Coeuve, dicht bei der Gemarkungsgrenze dieser

beiden Orte. Die Obersequanschichten streichen hier etwa N 30° O und fallen 14° SO. Zugleich kann man erkennen, daß man sich an der unteren Umbiegungsstelle der Flexur befindet; denn im östlichsten Teile des nicht einmal besonders großen Steinbruches liegen die Schichten bereits bedeutend flacher mit einem Fallen von nur 7—8°.

3. Die Staffelbrüche des Cauvatetales. Der soeben erwähnte Steinbruch ist der äußerste Punkt, an dem sich die nach Norden umgebogene Fahy-Flexur beobachten läßt. Wenig nördlich von diesem Punkte löst sich die Flexur in zwei Verwerfungen auf, die längs des westlichen Gehänges des Cauvatetales nach Norden ziehen. Doch ist nach Norden hin bis in die Gegend von Coeuve dieses Talgehänge derartig mit Schutt und Tertiär bedeckt, daß es nicht möglich ist, diesen Übergang genauer zu beobachten. Westlich von Coeuve haben sich dann bereits zwei deutliche Staffelbrüche entwickelt, deren Vorhandensein und Sprunghöhe sich mit Hilfe der dreimal übereinander vorhanden Pterocerasmergel recht gut feststellen läßt. Auf der Höhe des Plateaus, im Champ de Bäle, treten die Pterocerasmergel auf etwa 545 m auf, in der Mitte des Talgehänges auf 490—500 m, und ziemlich unten im Tale nochmals auf etwa 460—470 m. Die Sprunghöhe der beiden Verwerfungen beträgt also etwa 50 m und 30 m. Die horizontale Entfernung der beiden Hauptstörungen voneinander beträgt etwa 150—200 m. Stellenweise mögen diese Störungen jedoch mehr oder weniger in kleinere Parallelverwerfungen aufgelöst sein; denn an sehr vielen Stellen des Gehänges findet man N—S streichende Ruscheln, ohne daß es möglich wäre, jedesmal eine richtige, durchgehende Verwerfung nachzuweisen.

In dieser Weise lassen sich die beiden Verwerfungen nach Norden hin verfolgen bis in die Gegend von Damphreux. Die Gesamtsprunghöhe wächst allmählich bis auf etwa 100 m, da die beiden abgesunkenen Schollen etwas nach Norden einfallen, während die Schichten des Horstes horizontal liegen. In der Gegend von Damphreux wird die Verfolgung der Verwerfungen schwieriger wegen der Bedeckung mit pliocänen Schottern und deren Zersetzungsprodukten. Jedoch hängt der auffallende östliche Steilabfall der Höhe westlich von Damphreux und Lugnez jedenfalls mit der Verwerfung zusammen. Nördlich von Lugnez tritt die Verwerfung in das Cauvatetal hinein und biegt vermutlich zusammen mit diesem nach NW hin um. Dies wäre in Übereinstimmung mit der parallelen Umbiegung der Allainetalverwerfung bei Grandgourt. Der westliche Flügel der Verwerfung wird hier

von oberem Rauracien gebildet, das am westlichen Talhang, an der Straße Lugnez—Courcelles, in Steinbrüchen aufgeschlossen ist. Die Verwerfung gibt sich durch starke Verruschelung und mächtige, senkrechte, etwa N 45° W streichende Harnischflächen zu erkennen. Die Hauptverwerfung folgt also jedenfalls, zum mindesten bis etwa an die Landesgrenze, dem Cauvatetal. Ich halte es jedoch für möglich, daß eine Abzweigung, vielleicht eine Fortsetzung des östlichen, kleineren Staffelbruchs, nach Norden über das Cauvatetal hinwegsetzt und sich in einem kleinen Tälchen bemerkbar macht, das zu Grenzstein Nr. 177 hinaufzieht. Die starke Waldbedeckung machte mir nähere Feststellungen unmöglich. Außerdem wird in dieser Gegend der tektonische Aufbau wieder durch eine jüngere Antiklinale kompliziert.

Wie dieser Verwerfungszug sich auf französischem Gebiete fortsetzt, läßt sich nur vermutungsweise sagen. Wahrscheinlich hängt es mit diesen Störungen zusammen, wenn die Juraschichten zwischen Courcelles und Florimont plötzlich nach Osten unter jüngeren Schichten verschwinden. Die Verwerfungen gehen vielleicht wieder in eine Flexur über; denn am Südausgange von Courcelles finden sich etwa 20° ONO fallende Obersequanschichten.

4. Die nördlichen Begrenzungslinien des Horstes. Die Nordgrenze des Horstes liegt zum größten Teile auf französischem Gebiete. Nur in der Gegend von Boncourt tritt sie für eine kurze Strecke auf Schweizer Gebiet über und konnte somit von mir etwas näher untersucht werden. Die Absenkung gegen das Becken von Montbéliard vollzieht sich im wesentlichen in der Form einer großen Flexur. Schwächeres Einfallen, das damit zusammenhängt, findet sich in einer ziemlich breiten Zone. Nahe dem Nordrande ist die Abbiegung besonders stark und vielleicht mit streichenden Verwerfungen verbunden. Durch die Allainetalverwerfung sind gewisse Unterschiede im Aufbau rechts und links vom Flusse bedingt. Auf der östlichen Talseite machen sich die ersten stärkeren Absenkungen nördlich von Buix bemerkbar, an der Stelle, wo die Allaine den scharfen Knick aus der NW-Richtung nach W hin macht. Man kann deutlich beobachten, wie die Felswände des Rauracien sich eine kurze Strecke weit mit etwa 10° nach NW hin senken. Die Flexur streicht in nordöstlicher Richtung. Weiter nach Norden hin legen sich die Schichten wieder nahezu horizontal (Steinbruch im Dicératien beim Schießstande von Boncourt), und das Tälchen des Schießstandes birgt möglicherweise

eine kleine, mit der Flexur streichende Verwerfung. Nördlich dieses Tälchens beginnt die Zone stärkerer Absenkung nach NW hin. Der Steinbruch im Untersequan beim Bahnhofe von Boncourt zeigt bereits 14° NW-Fallen. Die Zone stärkster Absenkung beginnt in Boncourt bei Höhenzahl 373 und zieht sich, parallel zu einem kleinen Tälchen, nach NO hin gegen Grenzstein Nr. 221. Das Streichen ist recht konstant, etwa N 50—60° O. Die Fallwinkel schwanken zwischen 20° und 60°. In der Sohle des Tälchens verschwinden die Juraschichten recht plötzlich unter dem Tertiär. Jüngere Schichten als oberstes Sequan oder Unterkimmeridge scheinen nicht zutage zu treten. Möglicherweise ist die Flexur in diesem Tälchen durch eine streichende Verwerfung abgeschnitten. Die Lagerungsverhältnisse sind an dieser Stelle wieder durch das Auftreten einer jüngeren Antiklinale kompliziert. Das scharfe Einfallen der Flexur nach NW ist jedenfalls teilweise erst durch sekundäre Bewegungen zustande gekommen. Denn die nördlich des kleinen Tälchens liegenden Tertiärschichten zeigen ungefähr dasselben Streichen und Fallen wie die jurassische Unterlage. Es müssen hier also post-mitteloligocäne Bewegungen mit im Spiele gewesen sein, während ich die erste Anlage des Horstes für älter als Mitteloligocän ansehe.

Westlich der Allaine ist die Flexur etwas einfacher gebaut als auf der östlichen Talseite, da keine sekundären Störungen aufzutreten scheinen. Schon von der Mitte des Horstes, von le Mairâ ab, macht sich ein schwaches N-Fallen bemerkbar. Es ist dies die nördliche Abdachung jener weiter oben erwähnten kuppelförmigen Aufwölbung. Diese Abdachung geht nach Norden hin ganz allmählich in die Flexur über. Bei Milandre wird das Einfallen etwas stärker (Fallwinkel von 5—10°), aber das Streichen ist noch ungefähr dasselbe wie auf der Ostseite der Allaine, etwa N 60—70° O. Weiter im Norden dreht sich das Streichen immer mehr nach WNW hin. Am Crêt-Châtillon fallen die Schichten des mittleren Sequans etwa 9—10° N, die Hauptabbiegung liegt etwas südlicher als auf der östlichen Talseite. Sie beginnt bei den südlichsten Häusern von Boncourt. Das Streichen der Flexur ist etwa N 75—85° W, das Fallen 55—60° N. Wenig weiter nach Norden, beim Friedhofe von Boncourt, fallen die Schichten bei gleichem Streichen nur noch 7—9° N, und die anstehenden Schichten scheinen dem obersten Sequan oder Unterkimmeridge anzugehören. Wahrscheinlich folgt nach Norden hin noch eine weitere Absenkungslinie, Verwerfung

oder Flexur, jedoch läßt die starke Bedeckung durch jüngere Schotter weitere Beobachtungen nicht zu.

Weiterhin verläuft die Nordgrenze des Horstes wieder auf französischem Gebiete.

5. Die Verwerfung von Grandfontaine. Die tektonische Linie, welche den Horst des nordwestlichen Elsgaues nach Westen hin abgrenzt, liegt fast in ihrer ganzen Länge jenseits der französischen Grenze, war also meinen Untersuchungen nicht zugänglich. Nur ganz im Süden, westlich von Grandfontaine, tritt diese Linie wieder auf Schweizer Gebiet über, und ich konnte feststellen, daß es sich um eine Verwerfung von recht bedeutender Sprunghöhe handelt. Die Aufschlüsse in diesem Gebiete sind allerdings so mangelhaft, daß sich die Lage der Verwerfung nur auf etwa 200—300 m genau feststellen ließ. Die Mergel und Mergelkalke der unteren Humeraliszone im Osten liegen auf gleicher Höhe wie Virgulamergel im Westen. Die Vertikalverschiebung beträgt also etwa 120 m. Nach den Angaben von Rollier zeigt sich eine gleichartige Verwerfung weiter im Norden, an der Straße von Fahy nach Abbévillers. Rollier hat diese Verwerfung auch auf seiner tektonischen Skizze zu Blatt VII (Lit. 63) eingezeichnet, jedoch mit einer ganz unmöglichen, nahezu ost-westlichen Streichrichtung. Die richtige Streichrichtung ist ungefähr N—S.

Südlich von Grandfontaine liegt eine etwa O—W streichende, jüngere Antiklinale, das Perchetgewölbe, das ich nicht mehr in mein eigentliches Untersuchungsgebiet einbezogen, sondern nur noch kursorisch begangen habe. Die orographische Senke, welche nördlich von Réclère in dieses Gewölbe eingeschnitten ist, liegt ungefähr in der Verlängerung der Verwerfung von Grandfontaine und scheint darauf hinzuweisen, daß diese noch das Gewölbe durchsetzt. Ihre Sprunghöhe muß allerdings durch die nachträgliche Auffaltung ziemlich ausgeglichen sein, weil die Sequan- und Rauracienschichten des Gewölbes ziemlich ungestört im Streichen fortziehen. An der Stelle jedoch, wo die Verwerfung durchsetzen müßte, gibt es mehrere Punkte mit einem zum Generalstreichen des Gewölbes nahezu senkrechten Schichtenverlauf. Dies weist darauf hin, daß an dieser Stelle zum mindesten gewisse Unregelmäßigkeiten im Aufbau des Gewölbes vorhanden sind. Daß die Verwerfung von Grandfontaine selbst auf den Aufbau des Kettenjura einen nicht unwesentlichen Einfluß hat, werde ich weiter unten zeigen.

Das Senkungsfeld von Pruntrut.

Das Senkungsfeld von Pruntrut umfaßt das gesamte südliche und östliche Elsgau. Sein tektonischer Aufbau ist etwas komplizierter als der des Horstes, seine Oberfläche wird zum größten Teile von Kimmeridge und Virgulien gebildet. Oligocäne Sedimente finden sich im Elsgau nur innerhalb dieses Senkungsfeldes.

1. Die tektonischen Grenzlinien des Senkungsfeldes. Nach Westen und Nordwesten hin stößt das Senkungsfeld von Pruntrut an den Horst des nordwestlichen Elsgaues an. Die Grenze wird also hier durch die bereits weiter oben beschriebenen Störungen, die Verwerfung von Rocourt, die Fahy-Flexur und die Staffelbrüche des Cauvatetales gebildet.

Nach Norden hin liegt das Senkungsfeld von Pruntrut tektonisch hoch gegenüber den noch tiefer abgesunkenen, von jüngeren Schichten bedeckten Schollen des Sundgaues. Die Trennungslinie, eine Verwerfung oder Flexur, zieht sich vermutlich von Courcelles aus, südlich an Réchésy vorbei, in die Gegend von Pfetterhausen. Nähere Angaben über diese Störung kann ich nicht machen; denn teils verläuft sie auf französischem Gebiete, teils ist auf deutschem Boden die Bedeckung mit jüngeren Schottern so stark, daß es nicht mehr möglich ist, die Höhenlage des jurassischen Untergrunds festzustellen. Der Nordrand der Elsgau-Scholle ist zu einem O—W streichenden Gewölbe aufgefaltet. Eine Parallelverwerfung zu der großen Absenkungslinie gegen das Sundgau konnte ich im Tale der Vendeline, zwischen Beurnevésin und Réchésy, dicht bei der Landesgrenze feststellen, wo Korallenkalk des unteren Rauracien neben Kalken des Obersequans liegt, also die Sprunghöhe etwa 80—100 m beträgt. Es ist dies die einzige Verwerfung, deren prae-mitteloligocänes Alter mit Sicherheit festgestellt werden kann, da das Oligocän über die Verwerfung transgrediert (vgl. Seite 21). Die Verwerfung scheint auch auf der westlichen Seite des Vendelinetals vorhanden zu sein, da dort ebenfalls, allerdings in etwas größerer Entfernung voneinander, unteres Rauracien und Obersequan auf gleicher Höhe liegen. Die Streichrichtung der Verwerfung mag etwa ONO sein. Es war mir jedoch nicht möglich, sie nach Osten oder Westen hin im Streichen weiter zu verfolgen. In welcher Weise das Senkungsfeld nach NO hin begrenzt ist, konnte ich nicht feststellen, da das ganze Gebiet der

sog. Largbucht von jüngeren Schottern und tertiären Bildungen bedeckt ist. Ich möchte vermuten, daß die Abbruchslinie gegen das Sundgau in östlicher Richtung nach Köstlach und Pfirt weiter streicht und dort den nördlichen Abbruch der Bürgerwaldkette bedingt.

Die östliche und die südliche Grenze des Senkungsfeldes von Pruntrut tritt zwar orographisch deutlicher hervor als irgendeine andere tektonische Linie des Gebietes. Daß es sich um wichtige tektonische Linien handelt, ist zweifellos. Jedoch hat die spätere Auffaltung des Kettenjura sie derartig beeinflußt und verändert, daß es nicht mehr möglich ist, festzustellen, ob diese Linien tatsächlich den übrigen Begrenzungslinien des Senkungsfeldes gleichwertig sind. Als Südgrenze betrachte ich die Montterrible-Kette. Daß in dieser nördlichsten großen Jurakette eine praeexistierende tektonische Linie, eine Verwerfung oder Flexur, verborgen ist, das wird von vielen Autoren angenommen. Diese Linie soll ja auch nach Osten hin weiter streichen und bei der Bildung der Muschelkalküberschiebungen im östlichen Kettenjura eine wichtige Rolle gespielt haben. Wie die Montterriblelinie im Süden des Elsgaues vor der Auffaltung des Kettenjura beschaffen war, darüber kann ich nichts Näheres aussagen, zumal ich die Montterrible-Kette selbst nur ganz oberflächlich untersuchte und Spezialaufnahmen über dieses Gebiet von anderer Seite bisher noch nicht veröffentlicht sind.

Als Ostgrenze des Senkungsfeldes von Pruntrut betrachte ich zwei variskisch streichende Linien, an denen ein gleichsinniger Abbruch nach Westen hin stattgefunden hat. Die eine ist die sog. Sundgaulinie, die von Cornol über Miécourt-Luffendorf, entlang der Bürgerwaldkette, nach Mörnach streicht, und die nach Steinmann (Lit. 71) als Flexur durch den ganzen Rheintalgraben hindurch bis in das Gebiet der Freiburger Bucht reichen soll. Nach van Werveke (Lit. 86) existiert keine derartige Flexur im Rheintalgraben. der Westabbruch der Bürgerwaldkette wäre vielmehr mit der Verwerfung Mülhausen-Altkirch in Zusammenhang zu bringen. Zwischen Luffendorf und Mörnach mag stellenweise eine gleichgerichtete, vielleicht sekundäre Verwerfung vorhanden sein, was erst die Spezialuntersuchungen über die Bürgerwaldkette klarstellen werden. An der einzigen Stelle jedoch, wo die jurassischen Schichten auf beiden Seiten der Sundgaulinie unverhüllt zutage treten, zwischen Luffendorf und Miécourt, ist sicherlich kein Bruch vorhanden. Man kann nur beobachten, wie die Oberkimmeridgeschichten des Sen-

kungsfeldes von Pruntrut am Westrande des Mont de Miserez plötzlich nach oben hin abgebogen sind.

Zwischen Miécourt und Cornol läßt sich die Sundgaulinie infolge der Bedeckung mit jüngeren Schichten wieder nicht direkt beobachten. Außerhalb des Kettenjura treten jurassische Schichten östlich der Sundgaulinie nur noch in einem kleinen Gebiete zwischen Frégiécourt und Charmoille zutage, und auch diese Kimmeridgeschichten sind zu einer schwachen, etwa NNO streichenden Antiklinale aufgefaltet. Sie sind also zur Vergleichung der Höhenlage der beiden Schollen nicht geeignet. Legt man ein O-W-Profil durch Frégiécourt über die Sundgaulinie hinweg bis in die Gegend, wo wieder Juraschichten zutage treten, nördlich von Courgenay, so kann man immerhin zu den Ergebnis kommen, das die Schichttafel an der Sundgaulinie um etwa 40—50 m nach Osten hin hochgehoben ist, besonders wenn man in Rechnung setzt, daß die Schichttafel des Senkungsfeldes von Pruntrut im allgemeinen schwach nach Osten hin einfällt. Jedoch möchte ich auf dieses Ergebnis nicht allzuviel Gewicht legen, da es gewagt erscheinen muß, eine derartig geringe Störung aus der Mitte eines 5 km langen Profiles herauszulesen, welches nur nach Aufschlüssen an seinen beiden Endpunkten konstruiert wurde.

Südlich von Cornol ist wohl die plötzliche Änderung in der Streichrichtung der Montterrible-Kette zwischen Cornol und Seleute (Verlauf des Doggergewölbes), sowie die Überschiebung nach NW hin auf den Einfluß der Sundgaulinie zurückzuführen.

Als eine dieser letzteren mehr oder weniger gleichwertige Strukturlinie möchte ich die Verwerfung von Pleujouse ansehen, welche Rollier (Lit. 63) beschrieben und auf der geologischen Karte der Umgebung von Asuel eingezeichnet hat. Allerdings, welchen Charakter dieser Bruch vor der Auffaltung des Kettenjura hatte, läßt sich noch weniger bestimmen als bei der Sundgaulinie. Daß die Senke von Frégiécourt und Charmoille noch zum Senkungsfelde von Pruntrut gehört, und daß erst die Verwerfung von Pleujouse die äußerste Grenze desselben bildet, geht vielleicht aus dem Vorkommen von Oligocän bei Frégiécourt sowie zwischen Charmoille und Miécourt hervor. Wie sich allerdings der Geländestreifen zwischen den beiden variskischen Störungslinien nördlich von Charmoille zum Senkungsfelde von Pruntrut verhält, und in welcher Weise überhaupt die Verwerfung von Pleujouse nach Norden hin fortsetzt, wird erst die Spezialuntersuchung der Pfirt ergeben.

Vielleicht ist die Verwerfung, die van Werveke (Lit. 87) im Osten von Luffendorf festgestellt hat, in irgendeiner Weise eine Fortsetzung der Störung von Pleujouse.

2. Der innere Aufbau des Senkungsfeldes von Pruntrut. Im Senkungsfeld sind die kleinen N-S-Brüche zahlreicher als im benachbarten Horste, und Störungen, die mit der Auffaltung des Kettenjura im Zusammenhang stehen, machen sich stärker bemerkbar. Wenn man jedoch von diesen jüngeren Auffaltungen absieht, so sind die gesamten tektonischen Höhenunterschiede nur wenig größer, als 50 m. Die Schichten haben also im allgemeinen innerhalb des Senkungsfeldes ungefähr dieselbe Höhenlage. Östlich der Linie Lugnez—Villars-sur-Fontenais finden sich innerhalb des Senkungsfeldes überhaupt keine Verwerfungen. Die Schichttafel fällt im allgemeinen ganz schwach nach Osten hin ein. Zwischen Bonfol und Damphreux befindet sich vielleicht eine flache, weit gespannte, N—S streichende Aufwölbung, welche gleichzeitig mit der Auffaltung der ähnlich streichenden Bürgerwaldkette entstanden sein kann. Verschiedene Autoren (Vgl. Lit. 83 u. 71) sind der Ansicht, daß östlich von Bonfol eine N—S streichende, mit dem Vogesenabbruch in Zusammenhang stehende Störung vorhanden sei, durch welche die Juratafel von den jüngeren Sedimenten der Largbucht getrennt würde. Ich konnte keine Anzeichen dafür beobachten. Wenn auch nördlich von Vendlincourt eine Störung im jurassischen Untergrunde infolge der starken pliocänen Bedeckung nur schwer zu beobachten wäre, so ließe sich eine einigermaßen bedeutende Verwerfung in dem Jurarücken zwischen Vendlincourt und Miécourt unmöglich übersehen. Ich glaube vielmehr, daß die Juratafel mit schwachen O-Fallen ziemlich ungestört unter den jüngeren Schichten der Largbucht bis zur Sundgaulinie hindurchstreicht.

Alle anderen tektonischen Höhenunterschiede in diesem östlichen Teile des Senkungsfeldes glaube ich durch nachträgliche Verbiegung der Schichttafel bei der Auffaltung des Kettenjura erklären zu können. Es ist dies, abgesehen von den deutlichen Antiklinalen, die flache, O—W streichende Tiefenzone zwischen Pruntrut und Miécourt, sowie das Ansteigen der Schichttafel nach Süden hin, zwischen der Linie Fontenais—Courgenay und der Montterrible-Kette. Einige Schwierigkeiten bereitet vielleicht die tektonische Erklärung des von jüngeren Sedimenten bedeckten Gebiets im Südosten des Elsgaues. Nach der

REGELMANN'schen Übersichtskarte kann man leicht den Eindruck bekommen, als ob es sich um ein Tertiärbecken handelte, vergleichbar den Becken von Delsberg, Laufen usw. Nun sind aber die jüngeren Sedimente, vor allem Lehm und alluviale Bildungen, durchaus nicht sehr mächtig. Ich vermute die Juraschichten in sehr geringer Tiefe darunter, und schon das allgemeine, schwache Einfallen der Schichttafel nach Osten hin erklärt, wieso sich in dieser Gegend jüngere Sedimente absetzen und erhalten konnten. Verstärkt wird die Tiefenlage der Juraschichten freilich durch eine leichte synklinale Einmuldung infolge der Auffaltung der Montterrible-Kette.

Der westliche Teil des Senkungsfeldes von Pruntrut wird von drei N—S streichenden Verwerfungen durchsetzt. Es sind dies:

1. Die Verwerfung von Fontenais.
2. Die Verwerfung von Courtedoux (= Allainetalverwerfung).
3. Die Verwerfung von Chevenez.

Außerdem finden sich zwischen Chevenez und Bressaucourt noch zwei ungefähr O—W streichende Brüche, die jedoch einer ganz anderen Bewegungsphase angehören und erst im Zusammenhang mit den Faltungserscheinungen besprochen werden sollen.

Die Verwerfung von Fontenais streicht vom Bahnhofe von Pruntrut, am Ostrande dieser Stadt entlang, durch die Klus von Fontenais und stößt südwestlich von Villars-sur-Fontenais auf die Montterrible-Kette. Abgesunken ist der westliche Flügel. Die N—S-Richtung des Allainetals zwischen Pruntrut und Pont-d'Able hängt vielleicht mit dieser Störung zusammen, obwohl sich nördlich vom Bahnhofe von Pruntrut keine Verschiedenheit in der Höhenlage der beiden Talseiten nachweisen läßt. Beim Bahnhofe ergibt eine Konstruktion auf der Karte, daß die nach Süden einfallenden Pterocerasmergel auf der östlichen Talseite in der Streichrichtung um etwa 20 m höher liegen als im Westen. Die Verwerfung selbst ist natürlich mit alluvialem Schutt überdeckt. In der Klus, welche das Bannégewölbe zwischen Pruntrut und Fontenais durchbricht, ist die Verwerfung selbst auch nirgends aufgeschlossen. Man kann nur beobachten, daß das Gewölbe auf der östlichen Seite der Klus um etwa 30 m höher liegt, ohne daß sein Streichen wesentlich abgelenkt wurde. Am Südausgange dieser Klus jedoch läuft die Verwerfung durch den etwas vorspringenden westlichen Talhang hindurch, wo man an mehreren Stellen N—S streichende Ruscheln erkennt. Ebensolche Ruschelzonen finden sich am Nord-

ausgange der Combe de St. Croix, diesmal auf der östlichen Seite des Tales. Etwa an der Stelle, wo auf der Siegfriedatlas-Karte das Wort „Croix“ von „Combe de St. Croix“ steht, sieht man an den östlichen Talhang angeklebt einen kleinen Streifen von Pterocerasmergeln, während nach Osten hin die graubraunen Kalke des unteren Kimmeridge und des oberen Sequans anstehen. Die Sprunghöhe beträgt, wie auch weiter im Süden, etwa 30 m. Die Verwerfung findet sich wieder im Tälchen sur le Côtait, unterhalb Villars-sur-Fontenais, und zwar in der westlichen Abzweigung, da die Pterocerasmergel auf der westlichen Seite in 515 m, im Osten auf 550 m Höhe anstehen. An verschiedenen Stellen sind mit Kalkspat ausgefüllte, N—S streichende Klüfte sichtbar.

Die Verwerfung von Courtedoux ist die natürliche Fortsetzung der Allainetalstörung. Ich habe bereits früher beschrieben, wie diese Störung durch die Fahy-Flexur hindurchsetzt, und wie an dieser Stelle ihre Sprunghöhe durch einseitige Auffaltung nahezu ausgeglichen wird. Nach Süden hin wächst die Sprunghöhe allmählich. In der Umgebung von Courtedoux kann man die Virgulamergel im Osten auf 460 m, im Westen auf 500 m feststellen; auf der Südseite des Creugenattales ist die Verwerfung auch orographisch erkennbar. Im Osten fällt das Gehänge langsam nach Norden hin ab, im Westen der Verwerfung ist ein steiler Absturz vorhanden. Dies beruht darauf, daß die Verwerfung hier zwei von der Faltungsbewegung ganz ungleichartig beeinflußte Gebiete voneinander trennt. Im Osten ist ein regelmäßiges Kimmeridge-Obersequangewölbe vorhanden; die Pterocerasmergel lassen eine gewisse Schleppung nach der Verwerfung hin beobachten. Im Westen dagegen ist das viel flachere, aus Ober- und Untersequan bestehende Gewölbe nach Norden hin von einer großen Verwerfung abgeschnitten; dadurch wird der Steilabsturz des Geländes bedingt. Die Sprunghöhe der Verwerfung von Courtedoux beträgt hier etwa 50—60 m. Im Osten von Bressaucourt ist in einer kleinen Steingrube die Ruschelzone der Verwerfung selbst aufgeschlossen. Weiter nach Süden hin läßt sich die Verwerfung in der Tertiärdecke der Côte de Chaîté nicht mehr nachweisen.

Westlich der Verwerfung von Courtedoux liegt die Juratafel zunächst nahezu horizontal, bis in die Gegend von Chevenez. Westlich des Meridians von Chevenez jedoch heben sich die Schichten mit etwa $2—4^0$ nach Westen empor. Auf den Flanken der beiden Täler, welche sich von Chevenez aus nach Fahy und Rocourt hin-

ziehen, läßt sich ein Ansteigen der Pterocerasmergel von 500 m bis auf etwa 540 m beobachten. Dann folgt, 1 km westlich von Chevenez, ein erneuter Abbruch der Tafel nach Westen hin. Es ist dies die Verwerfung von Chevenez. Diese beginnt im Norden an der Fahy-Flexur, dicht bei dem Hofe en Nalé. Dort kann man am Verlaufe der Pterocerasmergel zuerst eine Sprunghöhe von etwa 30 m feststellen. Weiter nach Süden beträgt die Sprunghöhe gleichmäßig etwa 30—40 m. Bei der Straße Pruntrut-Fahy stoßen Pteroceras- und Virgulamergel auf 545 m Höhe aneinander. Am Westrande des Hügels Pied de Fosse liegen die Pterocerasmergel im Osten der Verwerfung auf 540 m, im Westen auf 510 m. An dem Feldwege, der von Chevenez nach NW auf die Höhe sur Fosse führt, ist die senkrecht zerklüftete Ruschelzone der Verwerfung aufgeschlossen. Südlich der Straße Chevenez-Rocourt stoßen auf 540 m Höhe wieder Pteroceras- und Virgulamergel aneinander. Bemerkenswert ist es noch, daß die beiden O—W gerichteten Störungen, welche den Nordrand des Kettenjura von Bressaucourt bis Chevenez begleiten, nach Westen nicht über die Verwerfung von Chevenez hinausgehen.

Die Verwerfung von Chevenez umschließt mit der Verwerfung von Rocourt einen kleinen Graben, die westlichste Teilscholle des Senkungsfeldes von Pruntrut. Die Schichten liegen in diesem Graben fast horizontal; nur nach Norden hin, gegen die Fahy-Flexur, und nach Süden hin, gegen die Montterrible-Kette, macht sich eine kleine Aufbiegung bemerkbar. Wie schon oben erwähnt wurde, ist innerhalb dieses Grabens, im Tale von Rocourt, wahrscheinlich noch ein kleinerer Einbruch vorhanden. Folgt man der Landstraße von Chevenez nach Rocourt, so sieht man etwa bei Höhenzahl 502, daß die Schichten des Oberkimmeridge ziemlich stark nach Westen hin einfallen. Dann findet man, wenig östlich der Verwerfung von Rocourt, auf beiden Talseiten die Virgulamergel auf etwa 510 bis 520 m Höhe, während sie weiter im Norden und im Süden auf 560 m zu finden sind. Es müssen also hier zwei kleine, nicht näher bestimmbare, O—W streichende Bruchlinien vorhanden sein, an denen die Schichten um etwa 40 m grabenartig eingesunken sind.

II. Die Faltungserscheinungen.

Das Elsgau ist ein Tafelland, kein Faltengebirge. Starke tangentiale Gebirgsbewegungen haben nur jenseits der Montterriblelinie und der Sundgaulinie stattgefunden. Jedoch ist der starke,

von Süden her kommende, tangentiale Druck, der die hohen Ketten auffaltete, auch im Elsgauer Tafellande nicht ohne Wirkung geblieben; es kam zur Bildung von mehreren kleinen Antiklinalen, die im wesentlichen parallel zur Montterrible-Kette streichen.

Ich unterscheide folgende Faltenzüge:

1. Das Gewölbe von Florimont.
2. Das Gewölbe von Réchésy.
3. Das Fahygewölbe.
4. Das Bannégewölbe.
5. Das Perchetgewölbe.
6. Das Gewölbe von Frégiécourt.
7. Das Vaberbingewölbe.

Außerdem stehen noch einige Faltenzüge des Kettenjura, die Morimont-Kette und die Montterrible-Kette, in Beziehungen zum Elsgau und müssen daher bis zu einem gewissen Grade berücksichtigt werden.

1. Das Gewölbe von Florimont. Dieses Gewölbe erstreckt sich von Boncourt nach Florimont, parallel dem Nordabbruch des Elsgauer Juraplateaus. Es endigt im Westen an der Allainetal-Verwerfung, im Osten an der Verlängerung der Staffelbrüche des Cauvatetals. Auf schweizerischem Gebiet, östlich von Boncourt, sind nur ganz geringe Anzeichen dieser Antiklinale zu erkennen. Vielleicht ist es eine Folge der nachträglichen Einwirkung tangentialen Drucks auf eine ältere Flexur, wenn im Nordosten von Boncourt die Oligocänschichten dasselbe Streichen und Fallen zeigen wie die Juraschichten. Weiter nach Osten hin, auf französischem Gebiet, ist die Antiklinale besser ausgebildet. Die zutage tretenden Schichten gehören dem Sequan an. Die Ausbildung der Antiklinale bei Florimont ist in einem von Kilian (Lit. 40) gegebenen Profile deutlich zu erkennen.

2. Das Gewölbe von Réchésy. Diese Antiklinale erstreckt sich entlang dem Nordrande des Senkungsfeldes von Pruntrut, von Courcelles bis in die Gegend von Pfetterhausen. Es ist die stärkste Aufpressung im Elsgau außerhalb des Kettenjura. Sie reicht im Westen bis an die Verwerfungen des Cauvatetals heran. An der Straße von Lugnez nach Courcelles kann man ausgezeichnet die periklinale Endigung beobachten. Etwa 200 m diesseits der Grenze fallen die Obersequanschichten 12° SSW, an der Grenze selbst 9° SW; etwa 50 m nördlich der Grenze ist eine Ruschelzone zu sehen, die der Gewölbeachse entspricht, und nochmals 100 m weiter nach

Norden herrscht 9° NW-Fallen. Nach Osten hin wird die Aufpressung stärker. Nördlich der Chapelle de St. Imier beobachtet man an mehreren Punkten Unterkimmeridge und Obersequan mit 25° S-Fallen. Am besten aufgeschlossen ist dieses Gewölbe im Tale der Vendeline zwischen Beurnevésin und Réchésy, wo die aufgefaltete Zone sich nach Süden ziemlich stark verbreitert. Schon südlich von Beurnevésin, an der Straße nach Pfetterhausen, trifft man 7° S fallendes Unterkimmeridge; im südlichen Teile des Dorfes selbst kann man sogar S-Fallen von 14° beobachten. Nach Norden hin wird das Einfallen etwas schwächer. Man hat längs der Straße ein vollkommenes Profil durch Sequan und Rauracien bei 6—7° Neigung nach S. Etwa 200 m südlich der Landesgrenze ist das Rauracien durch die weiter oben (S. 44) beschriebene Verwerfung abgeschnitten. Die Gewölbeachse liegt jedoch nicht in dieser Verwerfung. In dem Sequan und Oligocän direkt nördlich der Verwerfung kann man nochmals ein leichtes S-Fallen beobachten, und erst nahe der Landesgrenze beginnt der Nordschenkel.

Die Schotterdecke verhüllt die Fortsetzung des Gewölbes nach Osten. Bei Pfetterhausen indessen treten nochmals Obersequan- oder Unterkimmeridgeschichten zutage, leider fossilleere Kalke ohne bestimmte stratigraphische Stellung. Sie sind durch die tertiäre Verwitterung ziemlich stark zerrüttet und zeigen meist ein schwaches (4—6°), aber rasch wechselndes Einfallen. Es ist nicht möglich, aus diesen Lagerungsverhältnissen einen antiklinalen Bau zu erschließen. Immerhin beweist das Zutagetreten der Juraschichten an sich schon, daß eine Aufpressung stattgefunden hat; denn nach Süden hin, östlich von Bonfol, ist die Juratafel in dieser Zone bereits vollkommen unter der Tertiärdecke der Largbucht verschwunden.

3. Das Fahygewölbe beginnt im grand Fahy, nordwestlich von Pruntrut, an der Allainetalverwerfung. Es streicht zunächst nach ONO über die Allaine hinüber, nimmt nördlich von Pont d'Able eine etwas mehr westliche Streichrichtung an, um dann an der Kreuzungsstelle mit der Fahy-Flexur und den Cauvatetalstörungen fast vollkommen zu verklingen. Als ganz schwache Aufwölbung zieht es sich nach Osten hin weiter bis halbwegs Vendlincourt. Erst im Bois Juré, südwestlich von Vendlincourt, wird die Aufwölbung wieder stärker. In der Nähe der deutschen Grenze verschwindet das Gewölbe allmählich unter der Schotterdecke.

Im grand Fahy ist die Aufwölbung noch nicht besonders kräftig, genügt aber, um die Sprunghöhe der Allainetalverwerfung auszugleichen; sie nimmt dann rasch an Intensität zu und wird im Allainetal so stark, daß die Oxfordmergel bis an das Talniveau heraufkommen und von dem Eisenbahntunnel, der das Gewölbe quert, angefahren wurden. Der durch das Tal geschaffene Aufschluß läßt sehr schön erkennen, wie die Rauraciensteilwände nach Norden und Süden einfallen. Die Gewölbeachse streicht etwa N 60° O und enthält einen kleinen, streichenden Sprung, anscheinend dadurch veranlaßt, daß der Südschenkel des Gewölbes etwas höher aufgepreßt wurde als der Nordschenkel.[1]) Die Zerrüttungszone in der Gewölbeachse ist sehr schön auf eine große Strecke hin aufgeschlossen an einem neuen Wege, der sich oberhalb des Tunnels, im Walde sur les Roches, in etwa 480 m Höhe nach NO hinzieht. Nördlich dieser Zerrüttungszone, am Gehänge der Combe Sarmère, in der Nähe von Höhenzahl 490, finden sich Untersequanschichten, die bis zu 50° NW fallen. Die Zerrüttungszone der Achse ist im oberen Rauracien nördlich von Pont d'Able nochmals zu beobachten. Von hier an nach Osten hin verflacht sich das Gewölbe sehr rasch. Im nordöstlichen Ende der Combe Sarmère, auf 500 m Höhe, kann man nochmals 9° NNW fallendes Obersequan beobachten. Auch bei der Höhenzahl 517, sowie an dem westlich und nordwestlich darunter liegenden Hängen gibt es einige Stellen mit Schichtneigungen von 3—4° N. Der Südschenkel ist natürlich gar nicht zu erkennen, da er mit der ohnehin südfallenden Fahy-Flexur zusammenfällt.

Östlich der Straße Pruntrut-Coeuve prägt sich die Antiklinale nur in einer ganz leisen Aufwölbung der Pterocerasmergel aus,

1) Erscheinungen wie dieser streichende Sprung und die scharfe Aufpressung der Oxfordmergel in der Gewölbeachse können vielleicht zum Verständnis der Schuppenbildungen und der großen Aufbruchstäler im hohen Kettenjura beitragen. Geht die Auffaltung einer Antiklinale im Stadium des Fahygewölbes weiter, so wird der Südschenkel über den Nordschenkel überschoben, wenn vor allem die hangenden Schichten zusammengepreßt werden. Unterliegen jedoch in erster Linie die tieferen Schichten einem starken Zusammenschub, so drängen die plastischen Tonschichten (z. B. das Oxford) an der schwächsten Stelle, also in der Gewölbeachse, die hangenden Kalke nach oben hin auseinander und es entsteht ein antiklinales Längstal, ohne daß dabei die Erosion mitzuwirken braucht. Ähnliche Erscheinungen hat Schuh (Lit. 70) in der Gegend von Saignelégier beobachtet.

ebenso in den Virgulamergeln im Plateau des grands Chênes nördlich von Alle. Die Absenkung der Schichttafel nach Süden, gegen das Allainetal, bleibt dabei immerhin ziemlich stark, durchschnittlich etwa $2-5^0$, nur entspricht ihr keine gleichstarke Absenkung nach Norden. Erst im Bois Juré bekommt das Gewölbe wieder einen ausgesprochenen Nordschenkel, der sogar gleich sehr deutlich wird und eine orographische Steilstufe erzeugt. (Im Steinbruche bei Höhenzahl 496, am Wege Vendlincourt-Alle. 40^0 NNW fallendes Hypovirgulien.) Der Südschenkel des Gewölbes ist ziemlich flach und weit nach Süden reichend, da die Schichten bis in die Gegend von Alle ziemlich gleichmäßig mit $4-5^0$ nach Süden einschießen. So hat das Gewölbe hier eine Gestalt, welche bei weiterem Fortschreiten der Faltungen notwendigerweise bald zu einer Überkippung nach Norden und schließlich zur Bildung einer Faltenüberschiebung führen müßte, und zwar ohne daß bedeutende Höhendifferenzen schon jetzt vorlägen.

Im Einschnitte der Bahn und der Landstraße von Alle nach Vendlincourt ist das Gewölbe nochmals gut aufgeschlossen, wobei wieder der Nordschenkel (45^0) viel steiler steht als der Südschenkel ($7-8^0$). Der durch den Nordschenkel des Gewölbes bedingte Steilrand setzt sich bis an die deutsche Grenze fort, aber ohne Aufschlüsse. In der Nähe der Grenze scheint das Gewölbe periklinal zu endigen. Es wird ersetzt durch die Antiklinale von Morimont, die da beginnt, wo jenes aufhört.

4. Das Bannégewölbe zweigt in der Nähe von Chevenez von der Montterrible-Kette ab, freilich ist es nahe der Abzweigungsstelle noch keine richtige Antiklinale, sondern wird zunächst vertreten durch zwei Flexur- und Verwerfungslinien. Erst in der Gegend von Bressaucourt entwickelt sich das normale Gewölbe, welches nach ONO hin weiter streicht, die Hügel le Banné, la Perche und Hermont bildet, und im Osten zwischen Alle und Courgenay verklingt.

Die beiden Verwerfungen, mit welchen sich das Bannégewölbe von der Montterrible-Kette abzweigt, beginnen im Westen am Bruch von Chevenez. Die südliche hat eigentlich keine direkten Beziehungen zum Bannégewölbe und ist mehr ein Parallelbruch zur Montterrible-Überschiebung. Die Verwerfung gibt sich hauptsächlich durch verschiedene Höhenlagen der Virgulamergel zu erkennen, welche am Westende der Störung auf 600 m und 630 m, nahe dem Ostende auf 640 m und 670 m liegen, wobei zu beachten ist, daß

beide gegeneinander verworfenen Schollen sich nach Osten herausheben. Da auch das Oligocänconglomerat an der Verschiebung teilgenommen hat, ist diese Verwerfung sicherlich jünger als dieses. Im Osten endigt die Verwerfung in der Combe Vaberbin, und zwar an der etwas nach Westen verschobenen Fortsetzung der Spalte von Courtedoux.

Die nördliche Längsstörung hat nähere Beziehungen zum Bannégewölbe, da sie bis in die Gegend von Bressaucourt gewissermaßen den Nordschenkel vertritt. Südwestlich von Chevenez beginnt sie als Flexur mit einer Sprunghöhe von 20—30 m, die sich durch die hier 60—70 m über den Pterocerasmergeln liegenden Virgulamergel zu erkennen gibt, während der normale Abstand 40 m beträgt. Südlich von Chevenez, auf etwa 550—560 m Höhe, kann man die Flexur direkt beobachten, da die Schichten 15—20° NNW einfallen, nördlich und südlich davon aber nahezu horizontal liegen. Im SO von Chevenez hat sich die Flexur in eine Verwerfung verwandelt. Beim Wasserreservoir liegen an einer kleinen Steilstufe Virgulamergel und Pterocerasmergel dicht nebeneinander, ungefähr auf derselben Höhe, also mit etwa 40 m Sprunghöhe. Weiter nach NW hin, beim Trou du Creugenat, scheint die Störung wieder mehr flexurartig zu werden, zum mindesten stellen sich starke Schleppungserscheinungen ein. In der Schlucht an der Gemarkungsgrenze zwischen Bressaucourt und Chevenez findet man auf etwa 600—620 m das Kimmeridge bis zu 27° NW fallend. Die Sprunghöhe hat sich auf etwa 100 m gesteigert, da die Pterocerasmergel im Norden auf etwa 490 m, im Süden auf 590 m anstehen. Die Störung streicht weiter, südlich am Trou du Creugenat vorbei, und bedingt den nördlichen Steilabsturz der Montaigre en Echaux. Die Aufschlüsse sind freilich sehr schlecht, so daß es sich um eine Verwerfung oder um eine scharf abgebogene Flexur handeln kann. Wo Einblick zu gewinnen ist, liegen die Schichten überall nahezu horizontal. Die Sprunghöhe beträgt auch hier etwa 100 m. Im Tale des Creugenat liegen die Pterocerasmergel auf 470 m, auf der Höhe von Montaigre en Echaux finden sich Gesteine der Humeraliszone auf 520 m. Das Ostende der Störung liegt an der Verwerfung von Courtedoux und tritt durch das plötzliche Aufhören der Steilstufe auch orographisch sehr deutlich hervor.

Die soeben beschriebene Störung mit ihren Schleppungserscheinungen vertritt den Nordschenkel des Bannégewölbes. Der Südschenkel fehlt im Westen zunächst vollkommen. Erst etwa im Bois

de Monin, südöstlich von Chevenez, kann man an verschiedenen Punkten feststellen, daß die Kimmeridgeschichten 3—5° S fallen. An der Gemarkungsgrenze zwischen Chevenez und Bressaucourt, ungefähr in der westlichen Verlängerung der Achse des Bannégewölbes, ist ein flaches Antiklinalscharnier aufgeschlossen, aber erst in der Gegend von Bressaucourt wird der Südschenkel des Gewölbes deutlich. Da sich das Gewölbe hier plötzlich sehr stark nach Osten hin heraushebt — nahe der Verwerfung von Courtedoux treten sogar Untersequanschichten zutage —, zeigt der Südschenkel im Westen von Bressaucourt periklinales Einfallen von 10—22° nach SW—SSW. Im Dorfe selbst kann man dann wieder ziemlich schwaches Einfallen nach Süden hin beobachten.

Im Westen der Verwerfung von Courtedoux ist also das Bannégewölbe recht unregelmäßig gebaut. Die Verwerfung jedoch hat bei der Auffaltung als Trennungsfläche gewirkt, und so ist das Gewölbe im Osten der Verwerfung eine durchaus regelmäßige Antiklinale. Die Gewölbeachse streicht etwa N 60° O. Auf dem Dos Chalembert treten noch Obersequankalke zutage. Nach Osten hin senkt sich die Gewölbeachse etwas, so daß auf den Hügeln l'Oiselier und le Banné das Gewölbe durch Unterkimmeridgekalke geschlossen wird. Die Gewölbeachse ist stets mit einer ziemlich starken Ruschelzone verbunden. Überhaupt sind die Kalkschichten nirgends bruchlos aufgefaltet, sondern von zahlreichen streichenden Brüchen mit meist recht geringer Sprunghöhe durchsetzt. Infolgedessen können die Fallwinkel auch ziemlich rasch wechseln. In der kleinen Klus von Mavaloz ist der Südschenkel recht steil gestellt (bis zu 65°), während der Nordschenkel nur 9—16° N fällt. Auf der Westseite der Klus von Fontenais zeigt das Gewölbe Anklänge an den Bau der Koffergewölbe; denn im Norden und Süden stehen die Schichten ziemlich steil (30—45° N und S fallend), und in der Mitte findet sich eine größere Zone, in der das Fallen nach beiden Seiten nur etwa 4—12° beträgt.

Östlich der Verwerfung von Fontenais liegt die Gewölbeachse wieder etwas höher, so daß die Kuppen der beiden Hügel la Perche und Hermont von Obersequanschichten gebildet werden. In der Klus von Voieboeuf treten auch die Mergel des Untersequans zutage, und der Südschenkel des Gewölbes ist ziemlich steil aufgerichtet (20—45°), während der Nordschenkel flacher (im Durchschnitt 10—20° N) ist. In der Nähe des Hermont-Hofes schließen die Unter- und Oberkimmeridgeschichten wieder über dem Sequan

zusammen. Die Aufwölbung wird immer schwächer und endigt schließlich periklinal im Bogen der Eisenbahnlinie Pruntrut—Courgenay.

5. Das Perchetgewölbe liegt zum größten Teile außerhalb meines Untersuchungsgebietes. Nur seinen östlichsten Ausläufer, in der Nähe von Grandfontaine und Rocourt, habe ich in meine Untersuchung einbezogen. Nach den Angaben von Blatt VII der geologischen Karte der Schweiz zweigt dieses Gewölbe jenseits der französischen Grenze, bei Villars-les-Blamont, von der Lomontkette ab und streicht nördlich des Tales von Damvant und Réclère bis in die Gegend von Rocourt. Dort endigt es an der Verwerfung von Rocourt. Die Aufpressung ist ziemlich stark, der Kamm des Höhenzuges wird von Rauracien, die Flanken werden von Sequan gebildet. Bei Réclère und Grandfontaine kann man Fallwinkel von 55—60° beobachten. Es wurde bereits oben beschrieben, in welcher Weise die Verwerfung von Grandfontaine das Gewölbe durchsetzt. In der Gegend von Rocourt wird das Gewölbe flacher, so daß Untersequan die älteste zutage tretende Schicht ist. Im Osten der Straße Rocourt-Réclère ist das Gewölbe überhaupt nicht mehr regelmäßig gebaut. Schon weiter oben (S. 35) habe ich über das seltsame Vorkommen einer Kimmeridgescholle auf der Höhe von les Gaubes berichtet. Auf eine nähere Untersuchung dieser Lagerungsverhältnisse habe ich verzichtet.

6. Das Gewölbe von Frégiécourt. Im Hügel le Montillat bei Frégiécourt tritt Kimmeridge zutage, Pterocerasmergel mit den über- und unterlagernden Kalken. Diese Schichten bilden eine kleine, etwa N 20—30° O streichende Antiklinale. Der Westschenkel fällt 10—20° W, der Ostschenkel 20—40° O. Eine Fortsetzung des Gewölbes in der Streichrichtung ist nirgends aufgeschlossen. Das Gewölbe hat ungefähr dieselbe Streichrichtung wie der Kettenjura bei Asuel.

7. Das Vaberbingewölbe wird von Rollier (Lit. 63) erwähnt und der wichtigste Aufschluß abgebildet. Es ist eine kleine, unbedeutende Antiklinale, die ganz dicht am Fuße der Montterrible-Kette liegt. Ihre O—W-Erstreckung ist auf den Raum zwischen der Verwerfung von Courtedoux und der Verwerfung von Fontenais beschränkt, wahrscheinlich füllt sie aber nicht einmal diesen Raum vollständig aus.

8. Die Morimont-Kette bildet den Höhenzug zwischen Luffendorf und Charmoille. Ein Ausläufer dieses Gewölbes macht

sich jedoch auch im Westen der Sundgaulinie, nördlich von Miécourt bemerkbar. Der Südschenkel ist sogar schon recht gut ausgebildet, da zwischen Bellevue und Miécourt das Hypovirgulien 15—25° S fällt. Das Einfallen nimmt von Westen nach Osten hin zu. Im Walde Fahy-Monsieur, nahe der deutschen Grenze, kann man in kleinen Steingruben 5—10° N fallendes Oberkimmeridge auffinden. Dies wäre der Nordschenkel der Antiklinale. Diese Aufwölbung, sowie das Ostende des Fahygewölbes sind die Ursache, daß zwischen Vendlincourt und Miécourt die Juratafel nicht ebenfalls, wie weiter im Norden und im Süden, von jüngeren Schichten bedeckt ist.

Östlich der Sundgaulinie, im Mont de Miserez, hebt sich das Gewölbe plötzlich stark heraus. Zwischen Miécourt und Beausite, am Südhang des Mont de Miserez, kann man eine allmähliche Zunahme der Fallwinkel von 14° SW bis zu 70° S beobachten. Der periklinale Abfall des Mont de Miserez nach Westen hin äußert sich sehr deutlich dadurch, daß die Schichten fast immer ungefähr tangential zu den Höhenkurven streichen. Bei Esserts Bourquin stehen in der Achse des Gewölbes Humeralismergel an, die Höhe von Morimont (Höhenzahl 751) wird bereits von den Oolithen des mittleren Rauracien gebildet.

Die Einzelheiten im tektonischen Aufbau dieser Kette habe ich nicht untersucht. Ebenso bleibt es späteren Untersuchungen überlassen, festzustellen, wie sich diese Kette zur Verwerfung von Pleujouse und zur Bürgerwaldkette verhält.

9. Die Montterrible-Kette scheint so zahlreiche Beziehungen zum tektonischen Aufbau des Elsgauer Tafeljuras aufzuweisen, daß eine genaue Kenntnis ihres speziellen Baues von weitgehendem Interesse für die Beurteilung der tektonischen Beziehungen zwischen Ketten- und Tafeljura überhaupt wäre. Jedoch sind bis jetzt leider keine Spezialuntersuchungen veröffentlicht worden. Da eine genaue Kartierung der ganzen Kette viel zu viel Zeit in Anspruch genommen hätte, so mußte ich mich darauf beschränken, mich durch flüchtige Begehungen einigermaßen über die großen Züge der Tektonik zu orientieren und besonders diejenigen Punkte zu untersuchen, an denen die Störungslinien des Tafellands mit der Kette zusammenstoßen. Jedoch reichen meine eigenen Aufnahmen nirgends über die nördliche Oxfordcombe hinaus. Im übrigen habe ich mich auf die Angaben von Blatt VII der geologischen Karte der Schweiz (2. Aufl.) verlassen. Allerdings hat sich diese Karte,

zum mindesten für viele Teile des Elsgauer Tafeljura, durchaus nicht als besonders zuverlässig erwiesen.

Das Ostende des Kontakts zwischen der Montterrible-Kette und dem Elsgauer Tafeljura ist noch auf Rolliers geologischer Karte der Umgebung von Asuel enthalten. Diese Karte hat allerdings für die Beurteilung der tektonischen Verhältnisse insofern nur bedingten Wert, als nirgends die Streich- und Fallrichtungen eingetragen sind. Jedoch kann man immerhin erkennen, was im übrigen auch schon die Übersichtskarte zeigt, daß die Kette an der Stelle ihres Zusammentreffens mit der Verwerfung von Pleujouse im Streichen von O nach NO hin umbiegt. Außerdem hat die Verwerfung als Trennungsfläche gewirkt, das Gewölbe ist im Westen der Verwerfung um mehr als $^1/_2$ km nach Norden vorgeschoben. Vermutlich eine Folge dieser Blattverschiebung ist die Ausquetschung des Oxfords, der Hauptrogenstein ist unmittelbar an das Rauracien angepreßt. Erst etwa 2 km westlich der Verwerfung von Pleujouse ist wieder eine Oxfordcombe vorhanden. Das Rauracien fällt steil nach Norden oder ist stellenweise sogar etwas überkippt. Das Sequan und Kimmeridge des Nordschenkels ist nur unvollständig erhalten, vor allem fehlen stets die mergeligen Partien. Es finden sich mächtige tektonische Breccien und Ruschelzonen.

Bei Cornol biegt das Streichen des Gewölbes allmählich nach SW in die Richtung der Sundgaulinie ein, und dabei ist zwischen Cornol und St. Gelin der Nordschenkel nach Norden überkippt, aber noch ziemlich vollständig vorhanden, abgesehen von dem stark verruschelten und reduzierten Sequan und Kimmeridge. Bei St. Gelin trifft die Kette mit der Sundgaulinie zusammen. Etwa 5—6 km weit streicht sie nun von NO nach SW und der Malm-Nordschenkel verschwindet plötzlich vollständig, so daß Hauptrogenstein auf ziemlich flach liegendes Kimmeridge und Tertiär, bzw. auf eine mächtige, dem Tertiär auflagernde Schutt- und Breccienzone überschoben erscheint. Diese Felstrümmer, welche die Hügel zwischen Courtemautruy und St. Gelin aufbauen, bestehen zum größten Teile aus Kalken des Sequans, des Rauraciens und des Hauptrogensteins. Sie sind vermutlich durch bergsturzartige Erscheinungen zur Zeit der Auffaltung der Montterrible-Kette entstanden oder stellen zum Teil die aufgepreßten Reste des ausgequetschten und vollkommen verruschelten Malm-Nordschenkels dar. An der Überschiebungsfläche des Hauptrogensteins findet man stellenweise eingeklemmte Fetzen von Terrain-à-chailles.

In der Gegend von Plainmont macht sich die Montterrible-Kette langsam vom Einflusse der Sundgaulinie frei und geht wieder zum normalen O—W-Streichen über und zugleich wird der Malm-Nordschenkel wieder vollständiger. Ich habe dieses Gebiet nicht begangen, und aus der Übersichtskarte lassen sich tektonische Einzelheiten nur schwer herauslesen. Es kompliziert sich der Bau jedoch dadurch, daß eine Gabelung des Gewölbes stattfindet und eine südliche Abzweigung der Montterrible-Kette in der Richtung der Sundgaulinie gegen die Ketten des Clos du Doubs streicht.

Wie man am Verlaufe des Rauraciengrats der Hauptkette schon auf der topographischen Karte feststellen kann, läuft diese in rein westlicher Richtung weiter, etwa bis zur Combe des Noz bei Villars-sur-Fontenais. Hier biegt die Streichrichtung etwas nach NW hin um. Erst in der Nähe von Calabri setzt wieder rein westliches Streichen ein. Ich bringe diese Umbiegung mit der Verwerfung von Fontenais in Zusammenhang, die in dieser Zone von Norden her auf die Kette stößt. Das Profil der Combe des Noz zeigt, daß die Schichten des Tafeljura nicht durch einfache Aufbiegung in den Nordschenkel des Gewölbes übergehen. Man erkennt vielmehr vor dem steilstehenden Hauptnordschenkel noch ein kleines, sekundäres Kimmeridgegewölbe mit flachem Süd- und steilem Nordschenkel. Dieses kleine Gewölbe ist durch einen schwachen streichenden Bruch von den stark nach Süden hin aufgebogenen Kimmeridgeschichten des Tafeljura getrennt.

Von Calabri aus setzt sich die Montterrible-Kette mit rein westlichem Streichen fort bis in die Gegend von Bressaucourt. Die Combe Vaberbin gibt ein gutes Profil durch den Malm-Nordschenkel des Gewölbes in dieser Zone. Die Schichten sind nach Norden hin überkippt und bilden zusammen mit dem Südschenkel des kleinen Vaberbingewölbes eine steil nach Süden einfallende, monoklinale Mulde.

Im Süden von Bressaucourt, am Westrande der Côte de Chaîté, vollzieht sich wieder ein bedeutender Wechsel im Aufbau des Nordschenkels der Montterrible-Kette. Es beruht dies vermutlich auf dem Einflusse der Verwerfung von Courtedoux. Diese trifft allerdings, wenn man sie normal verlängert, schon etwa 800 m weiter östlich auf die Montterrible-Kette. Da jedoch in ihrer direkten Verlängerung keine Störung im Aufbau der Ketten wahrzunehmen ist, so darf man wohl annehmen, daß die Verwerfung hier um 800 m nach Westen verschoben ist, vielleicht durch Ablenkung an

einer älteren Montterrible-Linie. Schon auf der topographischen Karte erkennt man, daß der Rauraciengrat und die Oxfordcombe am Westrande der Côte de Chaîté plötzlich aussetzen. Rauracien ist zwar weiter im Westen noch vorhanden, ebenso wie Oxford und Sequan; jedoch ist die ganze Schichtserie stark reduziert und senkrecht zum Streichen um etwa 150 m nach Süden gerückt. Nach Westen hin keilen die Schichten des Malm-Nordschenkels immer mehr aus. Schließlich findet man im Süden des Bois de Monin (auf etwa 660—670 m Höhe) den Hauptrogenstein in direktem Kontakt mit Virgulien und Oligocän. Das Virgulien liegt fast horizontal, ist jedoch nahe der Anpressungs- oder Überschiebungsfläche zu einer kleinen, nach Norden überkippten Mulde aufgestaucht, in der das Oligocän darin liegt. Diese Überschiebung des Hauptrogensteins läßt sich nach Westen hin verfolgen bis etwa zur Höhenzahl 619, nördlich der Vacherie dessous von Roche-d'Or. Die Verwerfung von Chevenez scheint wenig Einfluß auf den Aufbau des Kettenjura zu haben. Höchstens ist die Streichrichtung der Überschiebungslinie von der Verwerfung an um einige Grad nach SW hin abgelenkt.

Um so deutlicher macht sich der Einfluß der Verwerfung von Rocourt in der Montterrible-Kette bemerkbar. Der Aufbruch des Doggergewölbes biegt plötzlich nach Süden hin, gegen den Doubs zu, aus. In der nach Westen verlängerten Streichrichtung des Hauptrogensteinkammes findet sich bei Roche-d'Or ein WSW streichendes Rauraciengewölbe mit eingeschlossenem Oxford-Antiklinaltal. Die aufgefaltete Zone reicht im Westen der Verwerfung von Rocourt fast 1 km weiter nach Norden als im Osten. Der Gewölbenordschenkel scheint mindestens teilweise nach Norden überkippt zu sein und enthält Kimmeridge und Virgulien.

Also mit einem Schlage ist der Aufbau der Kette gänzlich verändert. Das Gewölbe ist verdoppelt, der eine Zweig zieht von Roche-d'Or in südwestlicher Richtung nach Vaufrey, der andere folgt weiter im Süden dem Tale des Doubs.

Weiter nach Westen hin ist mir die Montterrible-Kette nicht mehr aus eigener Anschauung bekannt. Jedoch kann man aus der Übersichtskarte ersehen, daß sich die beiden Teilgewölbe bei Vaufrey wieder vereinigen und in rein westlicher Richtung weiter streichen. Vaufrey liegt aber gerade in der Verlängerung der Ver-

werfung von Grandfontaine. Auch in orographischer Hinsicht ist Vaufrey ein wichtiger Punkt. Blickt man von der Höhe des Perchetgewölbes bei Réclère nach Süden, so erkennt man deutlich, wie in der Verlängerung der Verwerfung von Grandfontaine der Kamm der Montterrible-Kette sich plötzlich senkt; nach Westen hin schließen sich nur niedere Höhenzüge an, die hohen Ketten sind auf das südliche Ufer des Doubs beschränkt. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist hier eine wichtige tektonische N—S-Störung vorhanden, und so wäre also eine Fortsetzung der beiden Begrenzungslinien des Horststücks von Grandfontaine bis tief in den Kettenjura hinein mit aller Deutlichkeit nachzuweisen.

Allgemeine Tektonik.

Das Alter der tektonischen Bewegungen.

Mit großer Deutlichkeit ist zu erkennen, daß die Juratafel des Elsgaues von zwei verschiedenaltrigen und verschiedenartigen tektonischen Bewegungen ergriffen worden ist, von Faltung und Bruchbildung. Zweifellos ist die Faltung jünger als die Bruchbildung; denn der Verlauf der Faltenzüge wird von den Verwerfungen beeinflußt, eine umgekehrte Beeinflussung läßt sich jedoch nicht nachweisen.

Die Auffaltung des Kettenjura, ebenso wie die Entstehung der kleineren Antiklinalen im Elsgauer Tafellande, verlege ich in Übereinstimmung mit vielen anderen Autoren in das jüngere Pliocän. Daß die Sedimente des Mitteloligocäns zusammen mit den Juraschichten aufgefaltet sind, läßt sich an vielen Punkten im Elsgau am gleichsinnigen Einfallen der beiden Schichttafeln direkt nachweisen. Etwas weniger deutlich ist zu erkennen, daß auch die unterpliocänen Flußschotter an der Faltung teilgenommen haben. Jedoch beweist die außergewöhnliche Höhenlage von Schotterrelikten auf den Antiklinalen von Réchésy und Florimont sowie auf der Morimont-Kette, daß die Schotter mit den Antiklinalen gehoben wurden, und das Vorkommen von unterpliocänen Vogesenschottern im Becken von Delsberg zeigt, daß zur Unterpliocänzeit die hohen Ketten noch nicht vorhanden waren. Von vielen Autoren wird die Frage diskutiert, ob der Kettenjura in einer einzigen oder in mehreren Faltungsperioden entstanden ist. In meinem Unter-

suchungsgebiete konnte ich keine sicheren Anzeichen für Faltungsbewegungen vor der jüngeren Pliocänzeit auffinden.

Schwieriger läßt sich die Frage nach dem Alter der radialen Bewegungen entscheiden. Ich habe schon mehrfach angedeutet, daß ich diese Störungen in die Zeit vor der mitteloligocänen Meerestransgression verlege. Sicherlich sind die Verwerfungen älter als die Faltungserscheinungen, sicherlich auch älter als die unterpliocänen Flußschotter; denn diese trangredieren im nördlichen Elsgau gleichmäßig über Horst und Senkungsfeld. Nur von einer einzigen Verwerfung läßt sich jedoch bestimmt nachweisen, daß sie älter als Mitteloligocän ist. Es ist dies die Längsstörung im Gewölbe von Réchésy. An den Staffelbrüchen des Cauvatetals läßt sich wenigstens wahrscheinlich machen, daß sie älter als Mitteloligocän sind (vgl. S. 21). Im übrigen jedoch bin ich durchaus auf Analogieschlüsse angewiesen, und zwar bringe ich diese Spalten mit den Bruchlinien des Rheintalgrabens in Zusammenhang. Dessen erste Anlage ist in das Alttertiär zu verlegen. Prätongrisches Alter ist, wie wir soeben gesehen haben, für einige Verwerfungen des Elsgaues sicher nachzuweisen oder äußerst wahrscheinlich. Die Transgression des tongrischen Meeres wurde sicher durch irgendwelche Bodenbewegungen veranlaßt, und diese sind zumeist mit der Bildung von Verwerfungen oder Flexuren verknüpft. Auf Grund all dieser Tatsachen ist wohl die Schlußfolgerung erlaubt, daß die radialen Krustenbewegungen des Elsgaues an die Grenze von Unter- und Mitteloligocän zu verlegen sind.

Damit soll jedoch nicht behauptet werden, daß zu anderen Zeiten keine Bewegungen stattgefunden haben. Manche von den großen Störungslinien mögen in ihrer Anlage älteren Datums sein. Insbesondere möchte ich dies für die variskisch streichende Sundgaulinie annehmen, welche zwischen Cornol und Courtemautruy den Verlauf der Montterrible-Linie beeinflußt hat. Allerdings muß man ja vorläufig diese beiden Linien noch als mehr oder weniger problematisch betrachten.

Die altoligocänen Störungen wurden teilweise in jüngeren Perioden reaktiviert. Namentlich hat dies in jungpliocäner Zeit an denjenigen Stellen stattgefunden, wo die Verwerfungen als Trennungsflächen für den Verlauf oder die Ausbildung der Antiklinalen bestimmend wurden. Außerdem war auch die Bildung des Rheintalgrabens zur Mitteloligocänzeit keineswegs beendigt, sondern hat vielleicht bis in das Diluvium gedauert. Von

der Juratafel des Elsgaues möchte ich allerdings annehmen, daß sie vom Mitteloligocän an ziemlich stabil geblieben ist und keinen bedeutenden Absenkungen mehr unterworfen war. Das nördliche, jetzt von jüngeren Sedimenten bedeckte Vorland wurde auch später noch weiter abgesenkt. Wenn durch diese Bewegungen die nördliche Begrenzungslinie der Elsgauer Jurascholle in Mitleidenschaft gezogen wurde, so wäre das starke Nordfallen der Oligocänschichten bei Boncourt vielleicht nicht allein auf den Einfluß der Jurafaltung zurückzuführen, sondern z. T. auf derartige jüngere Bewegungen der nördlichen Schollen.

Die mechanischen Ursachen der Gebirgsbewegungen.

Es ist nicht der Zweck dieser Arbeit, lange Ausführungen über die Ursachen der Jurafaltung zu machen. Daß der Jura ein selbständiges Faltengebirge ist, entstanden durch den Druck der im Norden und im Süden an ihn anschließenden Tertiärbecken (bassins d'effondrement), wie dies ROLLIER (Lit. 61) behauptet, diese Theorie braucht wohl nicht mehr widerlegt zu werden. Man findet im Elsgau und in der Montterrible-Kette durchaus keine Anzeichen dafür, daß der Druck von Norden gekommen sei.

Interessanter sind vielleicht Erwägungen darüber, wie die Verwerfungen und Flexuren der ersten Bewegungsphase zustandekamen. Über die Ursachen der Grabenbrüche im östlichen Tafeljura und im Dinkelberge sind mehrere Theorien aufgestellt worden, wobei man wohl allgemein einen Zusammenhang mit dem Rheintalgraben anerkannte. Man nahm z. B. Zerrungsantiklinalen an, in deren Oberfläche die Gräben als kompensierende Keile eingebrochen sein sollen. Außerdem sollte ein von Süden her kommender tangentialer Druck, der Vorläufer der Jurafaltung, eine gewisse Rolle gespielt haben. Inwiefern diese Theorien berechtigt sind, das möchte ich hier nicht entscheiden. Wesentlich erscheint mir vor allem die Tatsache, daß zur Oligocänzeit zahlreiche Einbrüche von größeren und kleineren Schollen erfolgten. Zur Bildung der langen, schmalen Gräben der östlichen Juratafel müssen besondere, lokale Ursachen beigetragen haben. Die große Verbreitung der Einbrüche weist aber auf eine regionale Zerrungserscheinung hin, und schließlich ist ja der ganze Rheintalgraben auch auf eine Zerrung zurückzuführen, über deren Ursachen wir allerdings noch nichts wissen. Die ganze zwischen Vogesen und Schwarzwald eingesunkene Scholle ist in zahlreiche kleinere Schollen zerbrochen, die gegeneinander

verschoben sind. Derartige Verhältnisse finden sich sowohl in der Tiefe des Rheintalgrabens, wie die Tiefbohrungen im Oberelsaß bewiesen haben, als auch sichtbar in den randlichen Schollen, z. B. im Elsgau.

Zur Oligocänzeit, als diese Bewegungen vor sich gingen, hatte die Alpenfaltung bereits eingesetzt, so daß man mit der Möglichkeit eines von Süden kommenden Druckes rechnen muß. Die radialen Bewegungen brauchen nicht allein auf Einbrüchen zu beruhen, sondern die Horststücke können antiklinalartig gehoben, die Gräben nach unten gepreßt sein. Namentlich wenn nicht allzu starker tangentialer Druck auf eine bereits in einzelne Schollen zerlegte Schichttafel einwirkt, so können derartige Bewegungen zustande kommen. Auch die eigentümliche Parallelität der N—S-Brüche kann durch die Einwirkung eines richtenden Druckes entstanden sein (vgl. Lit. 86). Freilich läßt sich im Elsgau nicht mit Sicherheit entscheiden, ob bereits zur Oligocänzeit tangentialer Druck wirksam gewesen ist; denn alle spezifischen Erscheinungen, die darauf schließen lassen, können auch durch die Einwirkung der jungpliocänen Faltung erklärt werden. Starke Auffaltungen sind zur Oligocänzeit sicher nicht vorhanden gewesen; denn die Oligocänschichten wurden auf nahezu horizontaler Unterlage abgesetzt. Die entscheidende Ursache für die Zerstückelung der Juratafel war jedenfalls der Einbruch des Rheintalgrabens.

Die Beeinflussung der Faltenzüge durch die Schollentektonik.

Das interessanteste Problem, zu dessen Lösung eine Untersuchung der tektonischen Verhältnisse des Elsgaues beitragen kann, ist jedenfalls die Frage, in welcher Weise die Tektonik des Kettenjura von den älteren, radialen Störungen beeinflußt wird. Wie eine ältere, in der Druckrichtung streichende Verwerfung die Faltenbildung beeinflussen kann, wurde schon in früheren Arbeiten, besonders von Cloos (Lit. 14) theoretisch auseinandergesetzt. Die einfachen Faltenzüge, welche das Elsgauer Tafelland durchziehen, geben neue Beweise für diese Beziehungen zwischen Falten und Verwerfungen. Sehr deutlich zeigt sich besonders, wie die Verwerfungen als Trennungsflächen wirken, wie die Faltung auf die beiden Flügel der Verwerfungen verschieden einwirkt. An mehreren Stellen endigen die Faltenzüge an einer Verwerfung. Meist macht sich dann allerdings schon in

einiger Entfernung von der Verwerfung eine Verminderung der Aufpressung bemerkbar. Sind beide Flügel der Verwerfung aufgefaltet, so kann die Antiklinale östlich und westlich der Verwerfung sehr verschieden gebaut sein. Besonders schön zeigt sich dies an der Kreuzungsstelle der Verwerfung von Courtedoux mit dem Bannégewölbe. Es kann aber auch der Fall vorkommen, daß beide Flügel der Verwerfung wirklich gleichmäßig gefaltet werden; dann bleibt die Sprunghöhe der Verwerfung unverändert bestehen. Ein Beispiel für diesen Fall ist die Kreuzung des Bannégewölbes mit der Verwerfung von Fontenais. Ebenso kann auch eine Falte periklinal endigen, ohne daß eine Verwerfung vorhanden ist. Dies sieht man z. B. am Ostende des Bannégewölbes. Jedoch zeigt sich gerade dort, wie der Zusammenschub innerhalb der ganzen Breite eines ungebrochenen Tafelstücks ungefähr gleich stark bleibt; denn nördlich vom Ostende des Bannégewölbes liegt das Westende der erneuten stärkeren Aufpressung des Fahygewölbes, und wo dieses Gewölbe im Osten endigt, da setzt etwas weiter südlich der Ausläufer der Morimont-Kette ein. Wenn man die Falten als Wellenbewegungen auffaßt, so hätte man es mit einer Art von Phasenverschiebung zu tun.

Für den Fall, daß eine ältere Verwerfung eine Blattverschiebung hervorruft, habe ich im Elsgauer Tafeljura keinen Beleg. Ähnlichkeit mit diesem Falle zeigt höchstens das Verhalten des Gewölbes von Florimont zum Gewölbe von Réchésy. Man wird hier aber besser von einer Phasenverschiebung sprechen. Überhaupt würde es sich empfehlen, auch in den Kettengebirgen zwischen Phasenverschiebungen und richtigen Blattverschiebungen zu unterscheiden. Phasenverschiebungen sind auch in einem einfach gebauten Faltengebirge möglich, wenn Trennungsflächen parallel zur Druckrichtung vorhanden sind. Richtige Blattverschiebungen jedoch, bei denen der eine Flügel gegen den anderen in horizontaler Richtung vorgeschoben ist, sind eigentlich nur dann möglich, wenn Überschiebungen oder überkippte Falten vorhanden sind. Im Kartenbilde können sich jedoch eine Phasenverschiebung und eine Blattverschiebung durchaus ähnlich sein.

Besonders schön läßt sich der Einfluß der N—S streichenden Verwerfungen am Nordschenkel der Montterrible-Kette zeigen. Die Verwerfung von Grandfontaine bewirkt eine Änderung in der Streichrichtung der Kette, eine Vereinigung zweier Antiklinalen zu einer einzigen und eine verschieden starke Auffaltung

im östlichen und westlichen Flügel. Auf beiden Seiten der Verwerfung von Rocourt ist die Kette gänzlich verschieden aufgebaut, wie ich dies näher beschrieben habe. Bemerkenswert ist ferner, daß die Faltung nicht im östlichen, tiefliegenden, sondern im westlichen Flügel, gegenüber dem Horststücke von Fahy und Grandfontaine, weiter nach Norden vorgedrungen ist. Es scheint also kein allgemein gültiges Gesetz zu sein, daß Horste zurückstauend auf die Falten wirken, während die letzteren in Gräben ungehindert vordringen können, sondern es scheinen noch andere Umstände die Falten in solchen Fällen zu beeinflussen. Im Graben zwischen den Verwerfungen von Courtedoux und von Fontenais dürfte allerdings die Faltung etwas weiter nach Norden vorgegriffen haben. Ich glaube, daß bei diesem verschiedenartigen Verhalten die jeweilige Beschaffenheit einer älteren Montterrible-Linie eine Rolle spielte. Die Verwerfung von Chevenez hatte nur geringen Einfluß auf die Montterrible-Kette, immerhin bedingt sie eine schwache Änderung in der Streichrichtung. Bemerkenswert ist es, daß die beiden Längsverwerfungen am Nordrande der Kette an dem genannten Querbruche absetzen. Die Verwerfung von Courtedoux trennt eine Überschiebungszone von einer Zone mit vollständigem Nordschenkel. Die Verwerfung von Fontenais verursacht anscheinend nur einen geringen Knick in der Streichrichtung der Kette.

Inwiefern diese Verwerfungen auch den Doggerkern des Gewölbes beeinflußt haben und wie weit sie überhaupt nach Süden hin zu verfolgen sind, das werden erst spätere Spezialuntersuchungen darzutun haben. Auf der Übersichtskarte zeigen sich nur in der Richtung der Verwerfung von Rocourt gewisse Unregelmäßigkeiten, die sich bis an das Doubstal verfolgen lassen. Daß jedoch auch weiter südlich im Kettenjura N—S gerichtete Störungen vorhanden sind, das haben die Untersuchungen von Schuh (Lit. 70) in der Gegend von Saignelégier bewiesen. Auf die Bedeutung der Sundgaulinie und der Verwerfung von Pleujouse, deren Einfluß auf größere Strecken hin verfolgt werden kann, werde ich weiter unten zu sprechen kommen.

Eine derartige Querteilung der Antiklinalen durch N—S streichende Verwerfungen, wie ich sie im Elsgau und in der Montterrible-Kette festgestellt habe, läßt sich auch im westlich anschließenden französischen Gebiete konstatieren.[1]) Ob

1) Die folgenden Bemerkungen mache ich auf Grund der Angaben von

bei Villars-les Blamont, wo das Perchetgewölbe von der Lomont-Kette abzweigt, eine derartige Querstörung vorhanden ist, das kann ich nicht feststellen; es scheint mir aber wahrscheinlich, weil nach Süden hin, bei Soulce, Montandon und Cernay, derartige Störungen sicher vorhanden sind. Auffällig ist es jedenfalls, daß westlich von Villars-les Blamont im Kamme der Lomont-Kette plötzlich eine Überschiebung auftritt. Diese Überschiebung läßt sich nach Westen hin verfolgen bis an den großen Verwerfungszug von Mathay—Pont de Roide. Der Durchbruch des Doubs durch die Lomont-Kette ist durch diese Verwerfungen bedingt; die Kette selbst macht einen Knick nach Süden, die Überschiebung setzt aus, und das Gewölbe ist wieder normal ausgebildet. In der Verlängerung des Verwerfungszuges zeigen auch die weiter südlich gelegenen Ketten ähnliche Änderungen der Streichrichtung. Die nächste Querstörung hängt mit der Verwerfung Onans—Médière zusammen. Der Einfluß auf die Lomont-Kette selbst ist nicht besonders stark; höchstens kann man feststellen, daß das Gewölbe von dieser Linie ab nach Westen hin tiefer, bis auf das untere Bathonien herunter, aufgebrochen ist. Stärker ist der Einfluß auf die Antiklinale des Barbechetales, die an dieser Linie vollkommen aussetzt. Und besonders deutlich wird die Störungslinie dadurch, daß in der Gegend von Lantenans ein neues Gewölbe nördlich der Lomont-Kette sich herausbildet, die Ormont-Kette, die nach Osten hin nicht über die Verwerfung Onans—Médière hinausreicht. Deutlich ist auch der Einfluß der Verwerfung von Uzelle, welche bei Hyèvre ein Umknicken der Ormont-Kette nach SW hin veranlaßt. Einen parallelen Knick erfährt auch die Lomont-Kette in der Nähe des Ortes Lomont. In der Nähe von Baume-les Dames schließlich endigt die Lomont-Kette an einer großen N—S-Verwerfung, oder vielmehr sie vereinigt sich mit der Antiklinale des Cuisancintales und geht über in eine von St. Juan nach SW streichende Überschiebung. Auch die Ormont-Kette endigt bei Deluz in der Verlängerung der Verwerfungen des Ognontales.

Der Einfluß von alten Störungen senkrecht zum Streichen der Falten ist also recht gut zu verfolgen. Dagegen ist es schwieriger, festzustellen, wie die Falten sich alten Längsstörungen gegenüber verhalten haben; denn es läßt sich meist nicht

Blatt Montbéliard der geologischen Karte von Frankreich. Teilweise werden die Beziehungen zwischen Ketten- und Schollentektonik auch schon von KILIAN (Lit. 41) erwähnt.

mehr genau bestimmen, wo diese alten Störungen gelegen haben und wie sie beschaffen waren, da die Faltung sie vollkommen verändert hat. Daß die Antiklinalen sich gerne in der Nähe von älteren Längsstörungen entwickeln, dafür geben die Gewölbe von Réchésy und Florimont ein Beispiel. Doch ist nur die Lage, nicht jedoch der Bau des Gewölbes von der alten Längsstörung beeinflußt. In der Montterrible-Kette dagegen liegt höchstwahrscheinlich eine alte Längsstörung verborgen, die auf die Lage und zugleich auch auf den Bau des Faltenzuges bestimmend eingewirkt hat. Welchen Charakter diese alte Störung hatte, ob vielleicht der in der Kette auftretende Wechsel von Überschiebung und normaler Auffaltung mit einem ursprünglichen Wechsel von Verwerfung und Flexur zusammenhängt, ist noch nicht zu entscheiden.

Zu einem merkwürdigen Ergebnis führte eine Überlegung über die Beschaffenheit der alten Montterrible-Linie, die ich im Anschluß an die Lagerungsverhältnisse in der Gegend von Grandfontaine und Roche-d'Or machte. Wir haben gesehen, wie die Verwerfungen von Grandfontaine und Rocourt, welche das Horststück von Grandfontaine begrenzen, in der Montterrible-Kette noch deutlich zu bemerken sind. Trotzdem kann man nicht annehmen, daß die Kette zwischen Roche-d'Or und Vaufrey die normale aufgefaltete Fortsetzung des nördlich vorgelagerten Horstes sei. Denn im Nordschenkel des Gewölbes von Roche-d'Or findet sich auch Kimmeridge und Virgulien, während diese jungen Schichten auf dem Horste von Grandfontaine fehlen und jedenfalls zur Zeit der Auffaltung des Kettenjura längst abgetragen waren. Dies weist deutlich darauf hin, daß an der Grenze von Tafel- und Kettenland eine alte tektonische O—W-Linie vorhanden ist. Die im Gewölbe von Roche-d'Or aufgefaltete Scholle wird wohl nach Osten und Westen hin von zwei Verwerfungen begrenzt, die in der Verlängerung der Verwerfungen von Rocourt und Grandfontaine liegen. Jedoch muß diese Scholle vor der Auffaltung tektonisch *tiefer* gelegen haben als das nördliche Horststück, sonst hätten die jüngeren Schichten nicht erhalten bleiben können. Dies beweist, daß am Rande des jetzigen Kettenjura eine O—W gerichtete Störung vorhanden gewesen sein muß, *an der die südliche Scholle abgesunken war*. Daß der Südflügel, nicht der Nordflügel der Montterrible-Linie abgesunken ist, das widerspricht den bisherigen Anschauungen von dieser Linie. Jedoch lassen die Verhältnisse bei Roche-d'Or keinen anderen Schluß zu. Wenn keine Absenkung nach Süden hin statt-

gefunden hat, so könnten die jüngeren Schichten nur dann erhalten geblieben sein, wenn eine orographische Steilstufe von mindestens 70 m vorhanden war, wogegen bestimmt die Seltenheit von Juragerölen in den pliocänen Vogesenschottern spricht. Ich möchte damit jedoch nicht behaupten, daß in der ganzen Montterrible-Linie der Südflügel tiefer lag als der Nordflügel. Es sind genug Fälle bekannt, wo sich der Sinn einer Verwerfung im Streichen umdreht. Im allgemeinen dürfte eine Absenkung nach Norden den Einfluß der Montterrible-Linie auf den Kettenjura besser erklären, als die umgekehrte Annahme. Jedenfalls muß man aber bei weiteren Untersuchungen die Möglichkeit im Auge behalten, daß auch eine Absenkung nach Süden unter Umständen geeignet wäre, ein Fortschreiten der Faltungsbewegung zu verhindern und Überschiebungen oder ähnliche Erscheinungen hervorzurufen.

In welcher Weise eine schräg zur Druckrichtung streichende Störungslinie den Bau der Ketten beeinflußt, zeigt sich an der Sundgaulinie und der mit dieser zusammengehörigen Verwerfung von Pleujouse. Die ursprüngliche Beschaffenheit dieser Linien ist ebenfalls unklar. Wahrscheinlich war bereits vor der Auffaltung der Ketten ein Abbruch nach NW vorhanden. Mag man nun die Sundgaulinie mit der Verwerfung Altkirch—Mülhausen in Zusammenhang bringen oder ihre Fortsetzung im Westabbruch des Schwarzwaldmassivs (Kembs—Müllheim—Freiburg) erblicken, immer kommt man zu dem Ergebnis, daß der Osten tektonisch hoch, der Westen tief liegt. Mindestens hat das System der Sundgaulinie nördlich der Montterrible-Linie diese Beschaffenheit. Südlich vom Montterrible gibt sich die Sundgaulinie nur noch durch das abweichende Streichen des östlichen Teiles Clos-du-Doubs-Kette und der Caquerelle-Kette zu erkennen. ÖRTEL (Lit. 54) hat in der Gegend von St. Brais variskisch streichende Störungslinien nachgewiesen. Weiter fällt in die Richtung der Sundgaulinie das Westende der großen Tertiärbecken, einschließlich der Täler von Tramelan und St. Imier. Allerdings kann man das abweichende Streichen der Ketten im Westen des Beckens von Delsberg auch auf den Widerstand zurückführen, den das Tertiärbecken der Faltung entgegengesetzt hat (vgl. SCHUH, Lit. 70). Daß sich jedoch das variskische Streichen der Ketten im westlichen Elsäßer Jura auch auf diese Weise erklären läßt, das erscheint mir etwas zweifelhaft. Und selbst wenn das Streichen der Caquerelle-Kette durch den Widerstand des Tertiärbeckens bedingt wäre, so müßte man in diesem Falle eine

ältere, variskisch streichende Linie annehmen, welche den Nordwestrand des Beckens bedingte.

Wenn ich daher glaube, daß man für die Erklärung der Juratektonik den Begriff der Sundgaulinie nicht entbehren kann, so bin ich andererseits der Ansicht, daß die sog. Vogesenlinie, welche entscheidenden Einfluß auf den Verlauf der Ketten haben soll, nicht vorhanden ist. Im Elsgauer Tafeljura ist sie nirgends zu finden, und die Funktionen, welche man ihr im Kettenjura zugeteilt hat, können alle auf das System der Sundgaulinie zurückgeführt werden. Das sog. Rheintalstück des Kettenjura, die nach Norden vorgeschobenen Ketten, liegen wohl tektonisch tiefer als der östliche Tafeljura, die Schichten waren in größerer Mächtigkeit erhalten. Deshalb konnte die Faltung über die vielleicht nur schwach ausgebildete Montterrible-Linie nach Norden vordringen. Ob die Tertiärbecken das Vordringen nach Norden begünstigt haben, oder ob umgekehrt die Möglichkeit der weiteren Ausbreitung der Falten nach Norden hin Veranlassung zur Bildung der Tertiärbecken gegeben hat, hängt wesentlich davon ab, ob man die Tertiärbecken wirklich als Becken besonders starker tertiärer Sedimentation ansehen will, oder ob man sie nur als sekundäre Synklinalen betrachtet, in denen das Tertiär vor der Erosion geschützt war. Wäre das Vordringen der Ketten des Rheintalstücks nur durch die tiefere Lage in der Verlängerung des Rheintalgrabens bedingt, so müßte die Faltung im Westen der Sundgaulinie mindestens gerade so weit oder noch bedeutend weiter nach Norden übergegriffen haben; denn, wie van Werveke (Lit. 85) zeigte, ist der Rheintalgraben im Westen der Linie Altkirch-Mülhausen bedeutend tiefer eingesunken als östlich dieser Linie. Das Rheintalstück des Kettenjura ist also gegenüber dem Elsgauer Tafeljura als Horst zu betrachten. Wenn die Faltung nicht in stärkerem Maße auf den Elsgauer Tafeljura übergriff, so liegt dies vermutlich nur daran, daß die Montterrible-Linie in dieser Zone stärker ausgeprägt war als östlich der Sundgaulinie.

Der Elsgauer Tafeljura ist also nur insofern mit dem östlichen Tafeljura in Parallele zu setzen, als beide Gebiete Schollenland mit ziemlich horizontaler Schichtlage sind. In ihrem Verhalten gegenüber dem Kettenjura sind jedoch die beiden Gebiete vollkommen verschieden. Der östliche Tafeljura lehnt sich mehr oder weniger direkt an das kristalline

Massiv des Schwarzwaldes an. Wahrscheinlich infolge des Auskeilens der einzelnen Schichtpakete nach Norden hin konnte die Faltungsbewegung nicht bis an das kristalline Massiv selbst sich fortpflanzen. Die Schichten rissen ab, vermutlich unterstützt durch eine alte O—W-Störung, die östliche Fortsetzung der Montterrible-Linie, es bildeten sich die große Muschelkalküberschiebungen des Hauensteingebiets. Nördlich dieser Linie fehlen die Faltungserscheinungen vollkommen, abgesehen von einer kleinen Falte (Hombergfalte), die sich dicht bei der Hauptkette bildete. Der Elsgauer Tafeljura jedoch ist vom Vogesenmassiv durch eine tiefe tektonische Rinne getrennt. Die Tafel selbst liegt tektonisch bedeutend tiefer als der östliche Tafeljura. Die Mächtigkeit der Schichten wäre bei weitem ausreichend, um die Faltungsbewegungen fortzupflanzen. Dies wird jedoch durch die Montterrible-Linie verhindert. Das geringe Maß von Faltungsenergie, das über diese Linie nach Norden vordrang, und das den Kräften zu vergleichen wäre, die im östlichen Tafeljura die Hombergfalte dicht bei der Hauptkette aufgestaut haben, pflanzte sich im Elsgau bis an den Nordrand der Juratafel fort und erzeugte noch in einer Entfernung von 14—15 km nördlich der Hauptkette die Gewölbe von Florimont und Réchésy.

Morphologischer und hydrographischer Überblick.

Das Elsgau ist ein schwach hügeliges, durch mehrere Täler zerschnittenes Tafelland von durchschnittlich 450—600 m Meereshöhe. Sowohl vom Gebiete des hohen Kettenjura als auch von der im Norden sich anschließenden Tertiärsenke ist diese Tafel durch eine deutliche Steilstufe abgetrennt. Die Hochflächen sind von Wäldern, Äckern und Weiden bedeckt und zumeist recht trocken. Nur im Osten und Nordosten, wo die Jurakalke von den pliocänen Schottern und ihren Lehmrelikten bedeckt sind, ist die Oberfläche wasserreich, mit zahlreichen kleinen Teichen und Sümpfen. In der Gegend zwischen Delle und Altkirch ist diese charakterische Teichlandschaft ebenfalls an die alten Schotter geknüpft.

Das tektonische Senkungsfeld von Pruntrut liegt auch orographisch um eine Kleinigkeit niedriger als der Horst des nordwestlichen Elsgaues. Jedoch entspricht dieser Höhenunterschied in seinem Ausmaße durchaus nicht dem Verschiebungsbetrage, da die ursprünglichen Höhen, die durch die früholigocänen Bewegungen

entstanden waren, im allgemeinen vollkommen eingeebnet wurden, wahrscheinlich noch im Laufe der Oligocänzeit. Die Verwerfungen treten nur dort orographisch hervor, wo sie im Zusammenhange mit der pliocänen Faltung reaktiviert wurden, oder wo sie jüngerer Erosion zum Ansatze dienten (im Allaine- und Cauvatetale). Wenn man von dieser jüngeren Zertalung und den antiklinalen Höhenzügen absieht, so stellen die Hochflächen des Elsgaues wohl ein Relikt jener großen, altpliocänen oder miocänen Abtragungsfläche dar, die sich in gleichartiger tektonischer wie orographischer Ausbildung bis weit in den jetzigen Kettenjura hinein erstreckte und die Schotter der Vogesenflüsse aufnahm.

Im Senkungsfelde von Pruntrut sind außerdem Reste einer älteren Landoberfläche erhalten geblieben. Man findet nämlich nördlich des großen Talzuges Rocourt-Miécourt weite Flächen, auf denen die Juraschichten nach oben hin gerade mit dem Virgulien abschließen, obwohl sich die betreffenden Gebiete tektonisch wie orographisch in recht verschiedener Höhenlage befinden. Das Virgulien ist durchaus keine besonders widerstandsfähige Schicht, an der die Erosion unter allen Umständen eine zeitlang Halt machen müßte. Ich kann mir daher diese Tatsache nur so erklären, daß das Virgulien im ganzen Gebiete die cretacisch-eocäne Landoberfläche bildete, wahrscheinlich während einer langen Festlandsperiode mit sehr geringer Erosionstätigkeit. Die Juraschichten lagen während dieser ganzen Periode ungestört und horizontal. Als die tektonischen Bewegungen einsetzten, wurde die Erosionstätigkeit in den Horsten belebt, die alte Landoberfläche wurde abgetragen, während sie im Senkungsfelde von Pruntrut wenigstens stellenweise erhalten blieb, allerdings durch die tektonischen Bewegungen verschoben und zerbrochen.

Die jungpliocäne Faltung zeigt schon dadurch ihr geringeres Alter, daß alle durch sie verursachten Bodenbewegungen morphologisch noch deutlich zu erkennen sind. Die Antiklinalen bilden langgestreckte Höhenzüge, die je nach dem Grade der Auffaltung hoch oder niedrig, steil oder flach sind. Die Erosion hat nur wenig auf die Gewölbe eingewirkt. Ganz vollständig und geschlossen sind sie jedoch nirgends mehr. Wenn die Mächtigkeit der abgetragenen Schichten hier bedeutend geringer ist als im Gebiete der hohen Ketten, so beruht dies nicht auf einer Altersverschiedenheit, sondern nur darauf, daß die Antiklinalen des

Elsgaues der Erosionsbasis immer viel näher lagen als die hohen Ketten, daß daher die Erosion lange nicht so kräftig einwirken konnte. Allerdings möchte ich nicht bezweifeln, daß den vollkommen eingeebneten Ketten der Freiberge ein höheres Alter zukommt.

Das Elsgau wird nach dem Doubs hin entwässert und zwar von der Allaine und ihren Nebenflüssen, der Cauvate, der Vendeline und einem intermittierenden Nebenflusse, dem Creugenat. Die Täler dieser Flüsse halte ich für ziemlich junge Bildungen. Das Tal des Creugenat und des Oberlaufes der Allaine von Miécourt bis Pruntrut ist ein flaches Synklinaltal, das gleichzeitig mit der jungpliocänen Faltung entstand. Die nach N bis NW gerichteten Talläufe der Vendeline, der Cauvate und der Allaine von Pruntrut bis Boncourt gehören vielleicht in ihrer Richtung einem älteren Entwässerungssysteme an, da sie nicht der jetzigen Abdachung des Plateaus folgen. Das Tal der Allaine ist deutlich an eine tektonische Störungslinie geknüpft. Das Tal der Cauvate liegt nahe einem Verwerfungszuge, der vielleicht indirekt die Lage des Tales beeinflußt hat. Die antiklinalen Höhenzüge werden von mehreren Klusen durchbrochen. Von diesen geht die Klus von Fontenais deutlich auf eine tektonische Anlage zurück: vielleicht ist auch der Durchbruch der Allaine durch das Fahygewölbe durch eine Abzweigung der Allainetalverwerfung mehr oder weniger tektonisch bedingt. Andere Klusen jedoch scheinen rein durch Erosionswirkung entstanden zu sein, besonders die Klus von Voieboeuf zwischen Pruntrut und Courgenay, sowie der Durchbruch der Vendeline durch das Gewölbe von Réchésy. Hier haben vielleicht antecedente Wasserläufe die Gewölbe bereits während der Auffaltung durchnagt.

Die Flüsse, besonders die Allaine, sind ziemlich tief in das Tafelland eingeschnitten. Ich führe diesen unausgeglichenen Zustand der Täler, der auch im umliegenden Juragebiete zu beobachten ist, auf eine junge, wahrscheinlich diluviale Absenkung der Erosionsbasis zurück. Dadurch wurde die Erosion neu belebt und zugleich jedenfalls der Grundwasserspiegel im gesamten Gebiete bedeutend abgesenkt. So erklären sich vielleicht die zahlreichen kleinen Trockentäler des Elsgaues. Ich denke mir, daß dieselben durch oberirdisch fließendes Wasser geschaffen wurden in einer Zeit höheren Grundwasserstandes, der bedingt war einerseits dadurch, daß die Gewässer des geringeren Gefälles wegen

weniger schnell abflossen, andererseits vielleicht durch größere Niederschlagsmengen. Als das Gefälle stärker wurde und die Regenmenge abnahm, mußten die kleinen Wasserläufe versinken, sie können jetzt nur durch unterirdische Erosion ihre Täler schwach weiter vertiefen. In großen Regenperioden führen viele von den kleinen Tälchen heutzutage noch oberirdisch fließendes Wasser, das gewöhnlich aus einem vergrasten Quelltopfe in der Nähe einer undurchlässigen Schicht austritt.

Diese intermittierenden Quellen und Quelltöpfe (sources vauclusiennes) sind überhaupt ein Charakteristikum der Elsgauer Juralandschaft. Sie sind als die oberirdischen Überlaufsventile von unterirdischen Wasserläufen zu betrachten. Am bekanntesten und bedeutendsten ist das Trou du Creugenat zwischen Courtedoux und Chevenez. Es ist ein etwa 10 m weites und 15 m tiefes Loch in den horizontal liegenden Kalken des Obersequans. Zu normalen Zeiten ist es leer, nur am Grunde findet sich immer eine kleine Wasseransammlung. In größeren Regenperioden jedoch steigt der Spiegel des von Rocourt herabkommenden, auf den Sequanmergeln fließenden Grundwasserstromes so hoch, daß der Quelltopf überläuft und einen starken Bach erzeugt, den Creugenat, der nun oberirdisch nach Pruntrut weiter fließt und sich dort in die Allaine ergießt. Eine ganze Reihe von solchen Quelltöpfen findet sich am Südrande des Bannégewölbes, wo der von Süden her kommende Grundwasserstrom durch die in dem Gewölbe auftauchenden Sequanmergel aufgestaut wird. Die höchstgelegene dieser Quellen, das Trou de Mavaloz, fließt nur in größeren Regenperioden, die Quellen von Fontenais und Voiebeouf jedoch während des ganzen Jahres (vgl. Koby, Lit. 44).

Geologische Geschichte des Elsgaues.

Die ältesten Urkunden über die geologische Geschichte des Elsgaues besitzen wir in den Sedimenten des Malms. Während dieser Zeit war das Elsgau vom Meere bedeckt. Gegen Ende der Malmzeit jedoch setzte eine längere Festlandperiode ein. Jüngere Jura-oder Kreidesedimente als das untere Portland sind im Elsgau aller Wahrscheinlichkeit nach nicht abgesetzt worden. Während der cretacisch-eocänen Festlandsperiode lagen die mesozoischen Sedimente ungestört und horizontal. Die Erosionstätigkeit war gering. Aus den Verwitterungsprodukten des Festlandes bildeten sich Bohnerz

und Huppererde, die sich in den Erosionstaschen des Virguliens und des oberen Kimmeridges absetzten. Dieser Zustand dauerte bis in die Oligocänzeit hinein. Gegen Ende des Unteroligocäns setzten tektonische Bewegungen ein, die mit der Entstehung des Rheintalgrabens in Zusammenhang standen. Die Juratafel wurde in mehrere Schollen zerlegt, der Nordwesten blieb hoch, während der Osten und Süden abgesenkt wurde. Zugleich transgredierte das mitteloligocäne Rheintalmeer, zunächst nur über den tiefliegenden Osten und Süden, später vielleicht über das ganze Elsgau, das jedoch immer ein sehr küstennahes Gebiet blieb. Die Erosion war durch die tektonischen Bewegungen stark belebt worden, so daß sich grobe Konglomerate und andere Sedimente reichlich bildeten. Mit dem Beginn des Oberoligocäns zog sich das Meer in die tieferen Teile des Rheintalgrabens zurück und hinterließ das Elsgau als ein flaches Land mit geringen Höhenunterschieden. Während der Miocänzeit blieb es als Tafelland in geringer Höhe über dem Meeresspiegel und war deshalb nur schwachen Erosionswirkungen ausgesetzt. Vom Obermiocän bis in das mittlere Pliocän gehört das Elsgau orographisch zum Vorlande der Vogesen. Die Vogesengewässer strömten quer über den jetzigen Kettenjura nach Südosten hin ab. Die Erosionstätigkeit muß während dieser Zeit im kristallinen Massive der Vogesen sehr bedeutend gewesen sein. Die Juratafel war jedoch so vollkommen eingeebnet, daß sie keine Gerölle lieferte, die Flüsse setzten im Gegenteile ihre kristallinen Gerölle auf der Juratafel ab. In jungpliocäner Zeit wurden die orographischen Verhältnisse durch die Auffaltung des Kettenjura wieder vollkommen verändert. Auch im Tafelland des Elsgaues wurden einige kleinere Antiklinalen aufgestaut. Die Entwässerungsrichtung wurde umgedreht, die Bäche flossen nach Norden hin, dem Urrhein zu, der durch die burgundische Pforte zum Mittelmeer abströmte und dabei seine alpinen Schotter im Sundgaue und vielleicht auch in den nördlichsten Teilen des Elsgaues absetzte. Der Grundwasserspiegel war zunächst hoch, die Niederschlagsmengen reichlich, so daß die Antiklinalen in mehreren Klusen durchbrochen wurden und sich auch zahlreiche kleine Nebentäler bilden konnten. Während des Diluviums traten Absenkungen im Vorlande ein; dadurch wurden die Haupttäler veranlaßt, sich tiefer einzuschneiden, der Grundwasserspiegel wurde gesenkt, und, als dann noch die Niederschlagsmenge zurückging, bildete sich allmählich der heutige Zustand heraus mit den zahlreichen Trockentälern und den periodischen Quellen.

Literatur.

1. A. Andreae, Notizen über das Tertiär im Elsaß. Neues Jahrb. f. Min., 1882, Bd. II, S. 287.
2. —, Ein Beitrag zur Kenntnis des Elsässer Tertiärs. Abhandlg. z. geol. Spezialkarte von Elsaß-Lothringen, Bd. II, Heft 3, 1884.
3. —, Über das Elsässische Tertiär und seine Petroleumlager. Berichte der Senckenbergischen naturf. Ges., 1886—1887, S. 23.
4. J. Bachmann, Beschreibung eines Unterkiefers von Dinotherium bavaricum H. v. M. aus dem Berner Jura. Abhandlg. d. schweizer. paläontolog. Ges., Bd. II, 1875.
5. E. Blösch, Zur Tektonik des schweizerischen Tafeljura. Neues Jahrb. f. Min., Beil.-Bd. XXIX, 1910, S. 593.
6. E. Brändlin, Zur Geologie des nördlichen Aargauer Tafeljura zwischen Aare- und Fricktal. Verhandlg. d. naturf. Ges. in Basel, Bd. XXII, 1911, S. 57.
7. S. v. Bubnoff, Die Tektonik der Dinkelberge bei Basel. Mitteilg. d. bad. geol. Landesanstalt, Bd. VI, Heft 2, 1912, S. 523.
8. —, Zur Tektonik des Schweizer Jura. Mitteilg. d. oberrhein. geol. Vereins, N. F., Bd. II, Heft 1, 1912, S. 103.
9. A. Buxtorf, Über vor- und altmiocäne Verwerfungen im Basler Tafeljura. Eclogae geol. Helvetiae, Bd. VI, 1899, S. 176.
10. —, Geologie der Umgebung von Gelterkinden im Basler Tafeljura. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, N. F., Lf. XI, 1901.
11. —, Zur Tektonik des Kettenjura. 40. Bericht d. oberrhein. geol. Vereins, 1907, S. 29.
12. —, Über den Gebirgsbau des Clos du Doubs und der Vellerat-Kette im Berner Jura. 42. Bericht d. oberrhein. geol. Vereins, 1909, S. 74.
13. —, Bemerkungen über den Gebirgsbau des nordschweizerischen Kettenjura, im besonderen der Weißenstein-Kette. Zeitschr. d. deutschen geol. Ges., Bd. LXIII, 1911, Abhandlg., Heft 3, S. 337.
14. H. Cloos, Tafel- und Kettenland im Basler Jura und ihre tektonischen Beziehungen, nebst Beiträgen zur Kenntnis des Tertiärs. Neues Jahrb. f. Min., Beil.-Bd. XXX, 1910, S. 97.
15. M. Contéjean, Etude de l'Etage Kimméridgien dans les environs de Montbéliard. Besançon, 1860.
16. A. Daubrée, Notice sur le dépôt tertiaire supérieur du Sundgau (Haut-Rhin) et sur la transformation en kaolin des galets feldspathiques de ce dépôt. Bull. géol. de France, 2. ser., Bd. V, 1847, S. 165.

17. A. Etallon, Etudes paléontologiques sur le Haut-Jura. Rayonnés du Corallien. Besançon, 1859.
18 —, Rayonnés du jura supérieur de Montbéliard. Montbéliard, 1860.
19 B. Förster, Übersicht über die Geröll- und Lößablagerungen des Sundgaus. Mitteilg. d. geol. Landesanst. von Elsaß-Lothringen, Bd. III, 1892.
20. —, Geologischer Führer für die Umgebung von Mülhausen. Mitteilg. d. geol. Landesanstalt v. Elsaß-Lothringen, Bd. III, 1892, S. 123.
21. —, Weißer Jura unter dem Tertiär des Sundgaues im Oberelsaß. Mitteilg. d. geol. Landesanstalt v. Elsaß-Lothringen, Bd. V, 1899, S. 381.
22. J. B. Greppin, Notes géologiques sur les terrains modernes, quaternaires et tertiaires du jura bernois et en particulier du Val de Delémont. Mém. de la soc. helvétique des sciences nat., Bd. XIV, 1854.
23. —, Essai géologique sur le Jura Suisse. Delémont, 1867.
24. —, Jura Bernois et districts adjacents. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, Lf. 8, 1870.
25. A. Gressly, Observations géologiques sur le jura soleurois. Nouveaux mém. de la soc. helv. des sciences nat. Bd. II, IV und V. 1838–1841.
26. A. Gutzwiller, Die tertiären und pleistocänen Ablagerungen der Umgebung von Basel. Bericht über die 25. Vers. des oberrhein. geol. Vereins, 1892, S. 11.
27. —, Beiträge zur Kenntnis der Tertiärbildungen der Umgebung von Basel. Verhandlg. d. naturf. Ges. in Basel, Bd. IX, 1893, S. 182.
28. —, Die Diluvialbildungen der Umgebung von Basel. Verhandlg. d. naturf. Ges. in Basel, Bd. X, 1895, S. 512.
29. —, Die Juranagelfluh des Laufenbeckens. Verhandlg. d. schweiz. naturf. Ges., 93. Jahresv. Basel 1910, Bd. I, S. 1.
30. —, Die Wanderblöcke auf Kastelhöhe. Verhandlg. d. naturf. Ges. in Basel, Bd. 21, 1910, S. 197.
31. —, Die Gliederung der diluvialen Schotter in der Umgebung von Basel. Verhandl. d. naturf. Ges. in Basel, Bd. XXIII, 1912, S. 57.
32. F. v. Huene, Ein Beitrag zur Tektonik und zur Kenntnis der Tertiärablagerungen im Schweizer Tafeljura. Bericht über die 32. Vers. d. oberrhein. geol. Ver. 1899, S. 12.
33. —, Geologische Beschreibung der Gegend von Liestal im Schweizer Tafeljura. Verhandlg. d. naturf. Ges. in Basel, Bd. XII, 1900, S. 293.
34. F. Jenny, Überschiebungen im Berner- und Solothurner Faltenjura. Verhandlg. d. naturf. Ges. in Basel, Bd. XI, 1896, S. 465.
35. —, Das Birstal. Basel 1897.
36. G. Kemmerling, Geologische Beschreibung der Ketten von Vellerat und Moutier. Inaug.-Diss. Freiburg i. Br. 1911.
37. P. Kessler, Die tertiären Küstenkonglomerate in der mittelrheinischen Tiefebene. Mitteilg. d. geol. Landesanstalt v. Elsaß-Lothringen, Bd. VII, 1909.
38. W. Kilian und W. Deecke, Description géologique des environs N. de Maîche. Bull. de la soc. d'Emulation de Montbéliard, 1883.
39. W. Kilian, Note sur la feuille Ferrette de la carte géologique de France. Ebenda.

40. W. Kilian, Note sur les terrains tertiaires du territoire de Belfort et des environs de Montbéliard. Bull. de la soc. géol. de France, 3me sér., Bd. XII, 1884.

41. —, Contribution à la connaissance de la Franche-Comté septentrionale. Annales de géographie, Bd. III, 1894.

42. E. Kissling, Die Fauna des Mitteloligocäns im Berner Jura. Abhandlg. d. schweiz. paläontol. Ges., Bd. XXII, 1895.

43. F. Koby, Monographie des polypiers jurassiques de la Suisse. Abhandlg. d. schweiz. paläontol. Ges., Bd. VII—XVI, 1880—1889.

44. —, Hydrologie et Hydrographie des environs de Porrentruy. Actes de la soc. jurassienne d'Emulation, 2me sér., Bd. I, 1886.

45. M. Koechlin-Schlumberger, Etudes géologiques dans le département du Haut-Rhin. Bull. de la soc. géol. de France, 2me sér., Bd. XIII u. XIV, 1855—1857.

46. Leblanc et Renoir, Réunion extraordinaire à Porrentruy. Bull. de la soc. géol. de France, 1. sér., Bd. IX, 1838, S. 356.

47. P. de Loriol, Etude sur les mollusques et brachiopodes des couches coralligènes inférieures du jura bernois. Abhandlg. d. schweiz. paläontol. Ges., Bd. XVI—XIX, 1889—1892.

48. —, Etude sur les mollusques et brachiopodes du rauracien inférieur du jura bernois. Abhandlg. d. schweiz. paläontol. Ges., Bd. 21, 1894.

49. F. Machaček, Der Schweizer Jura. Versuch einer geomorphologischen Monographie. Erg.-H. 150 zu Petermann's Mitteilg., 1905.

50. F. Mathey, Coupes géologiques des tunnels du Doubs. Neue Denkschr. d. allg. schweiz. Ges. f. d. ges. Naturwissensch., Bd. XXIX, 1885.

51. C. Moesch, Der südliche Aargauer Jura und seine Umgebung. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, Lf. 10, 1874.

52. F. Mühlberg, Kurze Skizze der geologischen Verhältnisse des Bötzberg-tunnels, des Hauensteintunnels, des projektierten Schafmattunnels und des Grenzgebiets zwischen Ketten- und Tafeljura überhaupt. Eclogae geol. Helv., Bd. I, 1889, S. 397.

53. —, Bericht über die Excursionen der schweizerischen geologischen Gesellschaft in das Gebiet der Verwerfungen, Überschiebungen und Überschiebungsklippen im Basler und Solothurner Jura vom 7.—10. 9. 1892. Verhandlg. d. naturf. Ges. in Basel, Bd. X, 1895, S. 315.

54. W. Oertel, Stratigraphie und Tektonik der Gegend von St. Brais und Saulcy im Schweizer Jura. Neues Jahrb. f. Min., Beil.-Bd. XXXVI, 1913, S. 42.

55. L. Parisot, Description géologique et minéralogique du territoire de Belfort. Mémoires de la soc. belfortaine d'Emulation, 1877.

56. A. Penck und E. Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter. Bd. II, Leipzig 1909, S. 474ff.: Entstehung des Jura.

57. L. Rollier, Les faciès du malm jurassien. (Etude stratigraphique sur le jura bernois.) Eclogae geol. Helv., Bd. I, 1888, S. 3.

58. —, Etude stratigraphique sur les terrains tertiaires du jura bernois. Dix coupes du tertiaire jurassien. Arch. des sciences phys. et nat. 3. per., Bd. XXVII, Genf 1892.

59. L. Rollier, Structure et histoire géologique de la partie du jura central comprise entre le Doubs (Chaux-de-Fonds), le Val de Delémont, le lac de Neuchâtel et le Weissenstein. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, Lf. 8, I. Suppl., 1893.
60. L. Rollier, Etude stratigraphique sur les terrains tertiaires du jura bernois. (Partie septentrionale). Eclogae geol. Helv., Bd. IV. 1893, S. 1.
61. —, Jura bernois. Livret-guide géologique dans le Jura et les Alpes de la Suisse. Internat. Geolog.-Congreß, 1894, S. 19.
62. —, Compte rendue de l'excursion dans l'oligocène des environs de Porrentruy. Bull. de la soc. géol. de France, 3me sér., Bd. XXV, 2, 1897, S. 1032.
63. —, Deuxième supplément à la description géologique de la partie jurassienne de la feuille VII de la carte géologique de la Suisse 1 : 100 000. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, Lf. 38, 1898.
64. —, Le plissement de la chaîne du jura. Annales de géographie, Bd. 12, 1903.
65. —, Die Bohnerzformation oder das Bohnerz und seine Entstehungsweise. Vierteljahresschr. d. naturf. Ges. in Zürich, Jahrg. 50, 1905.
66. —, Nouvelles observations sur le sidérolithique et la molasse oligocène du jura central et septentrional. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, Lf. 55, 1910.
67. —, Nouvelles études sur les terrains tertiaires et quaternaires du Haut-Jura. Actes de la soc. jurassienne d'émulation, 1910—1911.
68. P. Schlee, Zur Morphologie des Berner Jura. Mitteilg. d. geogr. Ges. in Hamburg, Bd. XXVII, 1913.
69. C. Schmidt, Umgebung von Basel. Livret-guide géologique dans le Jura et les Alpes de la Suisse. Internat. Geol.-Kongreß. 1894, S. 31.
70. F. Schuh, Geologische Beschreibung der Gegend von Saignelégier und les Pommerats, mit einem Anhang zur allgemeinen Juratektonik. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges., Bd. LXVI, 1914.
71. G. Steinmann, Bemerkungen über die tektonischen Beziehungen der oberrheinischen Tiefebene zu dem nordschweizerischen Kettenjura. Berichte d. naturf. Ges. zu Freiburg i. Br., Bd. 6, S. 150.
72. B. Studer, Geologie der Schweiz, 1853.
73. —, Note à la lettre de M. Thurmann. Mitteilg. d. naturf. Ges. in Bern, 1853.
74. —, Mitteilungen aus einem Briefe von Ratsherrn Peter Merian in Basel. Mitteilg. d. naturf. Ges. in Bern, 1853.
75. Thiessing, Zwei geologische Notizen aus der Umgebung von Pruntrut. Mitteilg. d. naturf. Ges. in Bern, 1871.
76. J. Thurmann, Essai sur les soulèvements jurassiques du Porrentruy. Mémoires de la soc. d'histoire nat. de Strasbourg, Bd. I, 1832.
77. —, Essai sur les soulèvements jurassiques. Porrentruy 1836.
78. —, Esquisses orographiques de la chaîne du Jura. Porrentruy 1852.
79. —, Lettres écrites du Jura. Lettre IX. Coup d'oeil sur la stratigraphie du groupe portlandien aux environs de Porrentruy. Mitteilg. d. naturf. Ges. in Bern, 1852.

80. J. Thurmann, Lettres écrites du Jura. Lettre XI. Premières données sur les terrains tertiaires de l'Ajoie. Mitteilg. d. naturf. Ges. in Bern, 1853.

81. —, Essai d'orographie jurassique. 1856.

82. J. Thurmann und A. Etallon, Lethea Bruntrutana ou études paléontologiques et stratigraphiques sur le jura bernois et en particulier sur les environs de Porrentruy. Neue Denkschr. d. schweiz. naturf. Ges., Bd. XVII ff.

83. A. Tobler, Der Jura im Südosten der oberrheinischen Tiefebene. Verhandlg. d. naturf. Ges. in Basel, Bd. XI, 1897, S. 284.

84. L. van Werveke, Bemerkungen zu einigen Profilen durch geologisch wichtige Gebiete des Elsaß. Mitteilg. d. geol. Landesanstalt von Elsaß-Lothringen, Bd. IV, 1898, S. 72.

85. —, Die Tektonik des Sundgaues und ihre Beziehungen zur Tektonik der angrenzenden Teile des Juragebirges. Mitteilg. d. geol. Landesanst. v. Elsaß-Lothringen, Bd. VI, 1908, S. 323.

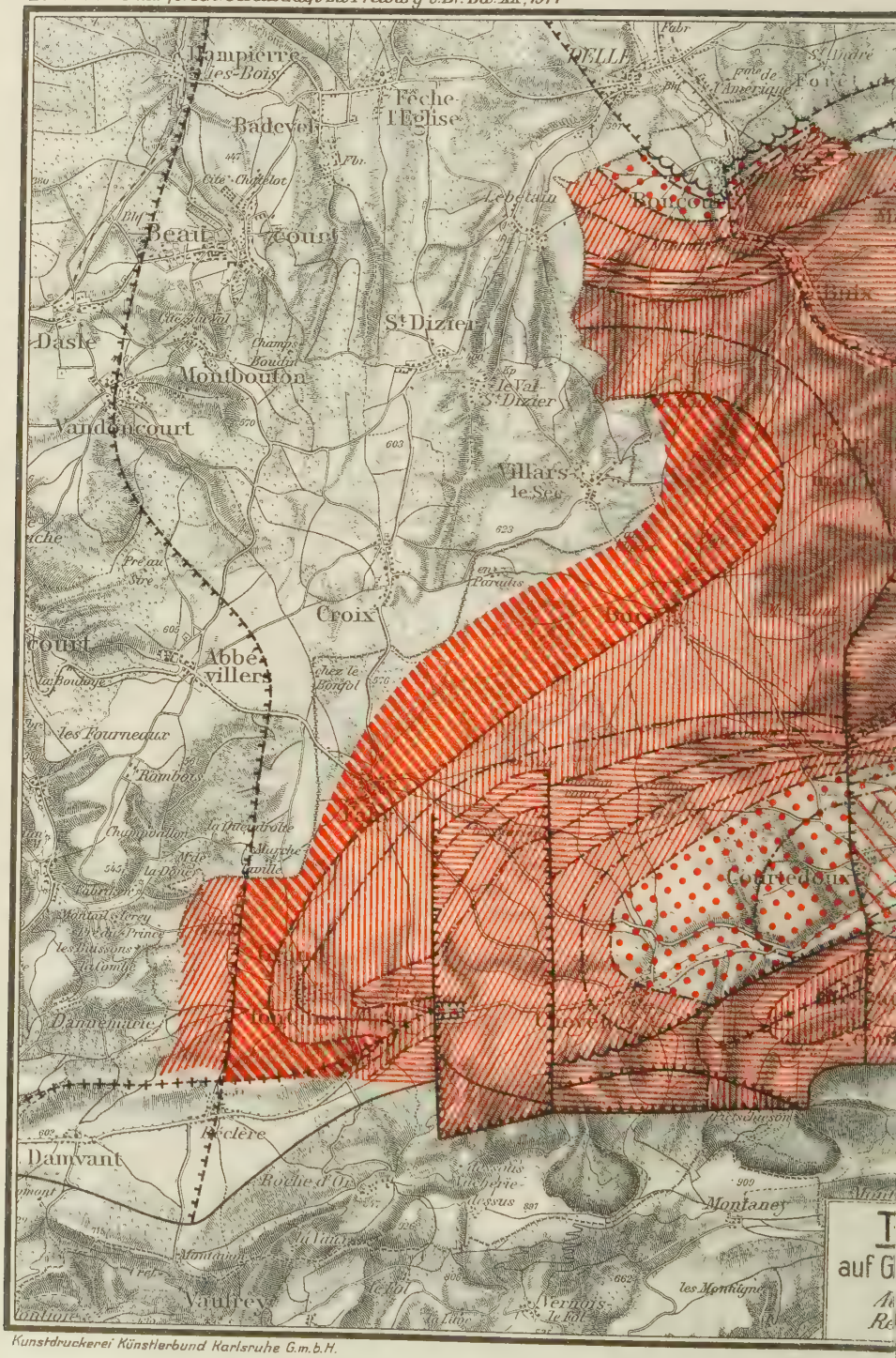
86. —, Die Tektonik des Sundgaues, ihre Beziehung zu dem Kalisalzvorkommen im Oberelsaß und in Baden und ihre Entstehung. Mitteilg. d. geol. Landesanst. v. Elsaß-Lothringen, Bd. VIII, 1913, S. 235.

87. —, Verwerfungen im oberelsässischen Juragebirge. Mitteilg. d. Philomatischen Ges. in Elsaß-Lothringen, Bd. IV, Heft 2, 1910, S. 219.

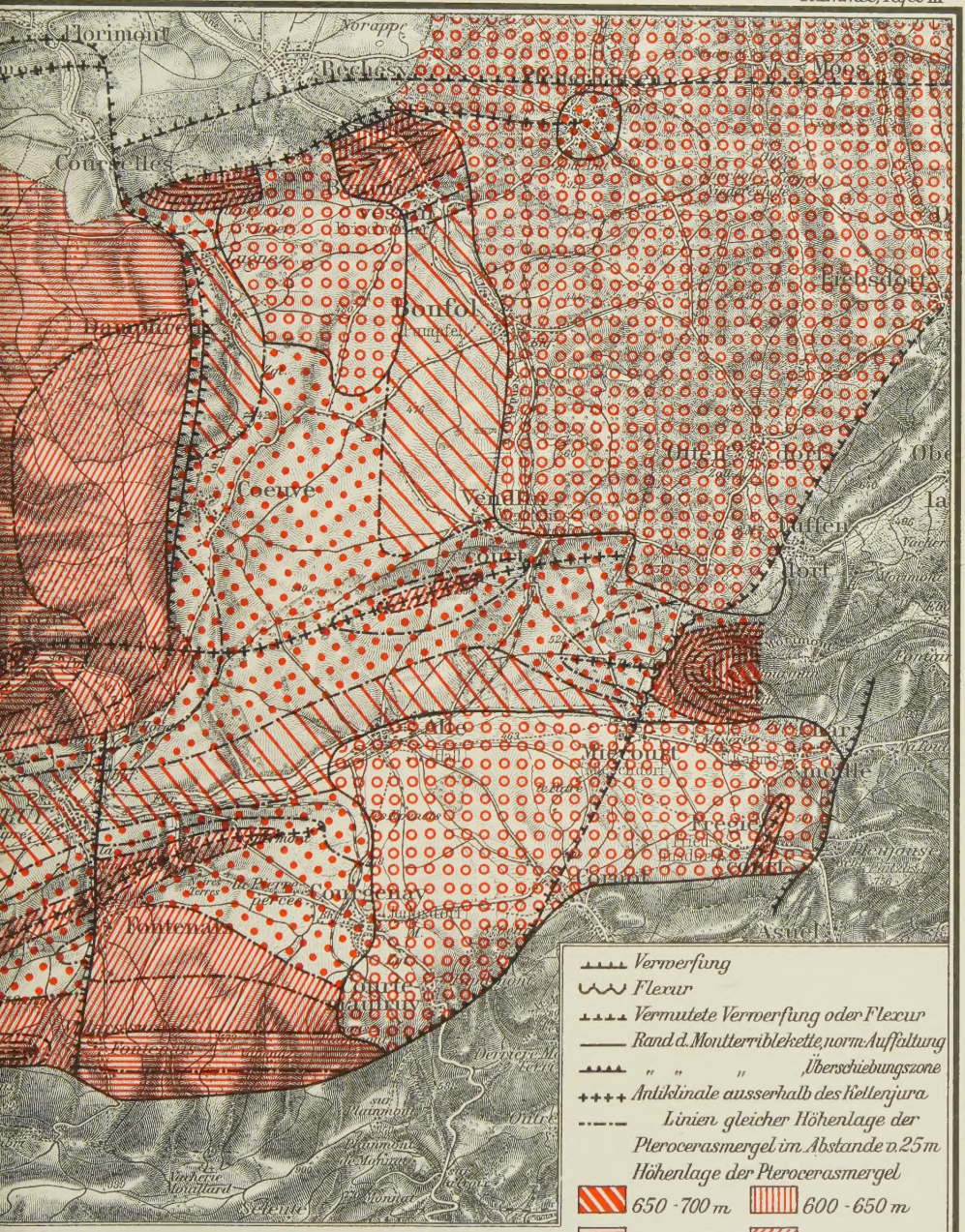
88. Geologischer Führer durch das Elsaß von E. W. Benecke, H. Bücking, E. Schuhmacher und L. van Werveke. Sammlung geologischer Führer V. Berlin 1900.

Karten.

1. Geologische Karte der Schweiz 1 : 100 000.
Blatt II, Belfort-Basel.
Blatt VII, Porrentruy-Solothurn.
2. Carte géologique détaillée de la France 1 : 80 000.
Blatt 114, Montbéliard.
Blatt 115, Ferrette.
3. L. Rollier, Carte géologique des environs d'Asuel. 1 : 25 000.
4. M. Koechlin-Schlumberger und J. Delbos, Carte géologique du département du Haut-Rhin. 1 : 80 000.
5. J. Thurmann, in Lethea Bruntrutana (Lit. 83).
6. F. Mühlberg, Geotektonische Skizze der nordwestlichen Schweiz. Eclogae geol. Helv., Bd. III, 1893.
7. Tektonische Karte (Schollenkarte) Südwestdeutschlands. Herausgeg. v. oberrhein. geol. Ver. 1898.
8. C. Regelmann, Geologische Übersichtskarte von Württemberg und Baden, dem Elsaß, der Pfalz und den weiterhin angrenzenden Gebieten. 1 : 600 000.



Kunstdruckerei Künstlerbund Karlsruhe G.m.b.H.



ische Lagerungsskizze des Elsgaues

er Höhenlage der Pterocerasmergel. K. Hummel 1913.

e aus den Sektionen 655 u. 668 der Karte des Deutschen 100000 der Königlich Preussischen Landesaufnahme.